Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance

RAPPORT CANADIEN D'ÉVALUATION DE 1990 SUR LE TRANSPORT À DISTANCE DES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES ET SUR LES DÉPÔTS ACIDES

Partie 8

ASSURANCE DE LA QUALITÉ

1990

ACID RAIN

PLUIES ACIDES

Province of British Columbia
Ministry of Environment and Parks

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement

Alberta
ENVIRONMENT

New Brunswick
Department of Municipal Affairs and Environment

Saskatchewan
Environment and Public Safety

Community & Cultural Affairs

Manitoba
Environment and Workplace Safety and Health

Nova Scotia
Department of the Environment

Environment Ontario

Province of Newfoundland
Department of the Environment

Canada

COMITÉ FÉDÉRAL/PROVINCIAL DE COORDINATION
DE LA RECHERCHE ET DE LA SURVEILLANCE

RAPPORT DE 1990 SUR LE TRANSPORT À DISTANCE DES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES ET SUR LES DÉPÔTS ACIDES

PARTIE 8: ASSURANCE DE LA QUALITÉ

1990

91-04849/

AUTEURS

Rapport rédigé sous la direction de :

J. Lawrence, Direction de la recherche pure et appliquée, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ont.)
S. Villard, Direction des services de laboratoire, Environnement Ontario, Rexdale (Ont.)

Aperçu général de l'assurance de la qualité dans les études du milieu aquatique (section 8.2)
Anne Neary, Direction des services de laboratoire, Environnement Ontario, Rexdale (Ont.)

Aperçu général de l'assurance de la qualité dans les études de l'atmosphère (section 8.3)
R.J. Vet, Service de l'environnement atmosphérique, Downsview (Ont.)

Aperçu général de l'assurance de la qualité dans les études du milieu terrestre (section 8.4)
Jane Tims, Environnement Nouveau-Brunswick, Fredericton (N.-B.)

Aperçu général de l'assurance de la qualité dans les études de laboratoires (section 8.5)
K.I. Aspila, Direction de la recherche pure et appliquée, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ont.)

RAPPORT RÉDIGÉ À L'INTENTION DU SOUS-GROUPE DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DU COMITÉ DE COORDINATION DE LA RECHERCHE ET DE LA SURVEILLANCE

TABLE DES MATIÈRES

		Page
8.1	**SOMMAIRE**	**8-1**
8.2	**APERÇU GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DU MILIEU AQUATIQUE**	**8-6**
8.2.1	Introduction	8-6
8.2.2	Évolution des programmes d'assurance de la qualité dans les études du milieu aquatique depuis dix ans	8-8
8.2.3	Résultats des programmes d'assurance de la qualité dans les études du milieu aquatique depuis dix ans	8-14
8.2.4	Sommaire	8-22
8.2.5	Références	8-29
8.3	**APERÇU GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DE L'ATMOSPHÈRE**	**8-36**
8.3.1	Introduction	8-36
8.3.2	Historique des programmes d'assurance de la qualité dans les études de l'atmosphère	8-37
8.3.3	Résultats des programmes d'assurance de la qualité dans les études de l'atmosphère.	8-38
8.3.4	Sommaire	8-48
8.3.5	Références	8-49
8.4	**APERÇU GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DU MILIEU TERRESTRE**	**8-53**
8.4.1	Introduction	8-53
8.4.2	Types d'études du milieu terrestre entreprises	8-56
8.4.3	Historique de l'évolution de l'assurance de la qualité dans les études du milieu terrestre	8-56
8.4.4	Éléments des programmes d'assurance de la qualité	8-58
8.4.5	Résultats des programmes d'assurance de la qualité	8-59
8.4.6	Sommaire	8-65
8.4.7	Références	8-66

8.5 APERÇU GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DE LABORATOIRES **8-68**

8.5.1 Introduction 8-68
8.5.2 Programme externe d'assurance de la qualité 8-68
8.5.3 Résultats du programme externe AQ au cours des dix dernières années 8-70
8.5.4 Sommaire 8-75
8.5.5 Références 8-75

8.1 SOMMAIRE

En 1982, des scientifiques des États-Unis et du Canada ont rédigé ensemble un Mémorandum déclaratif d'intention au sujet du «transport à grande distance des polluants atmosphériques» (TGDPA). Ce document traitait du problème des charges acides dans les deux pays. On y soulignait les différences significatives entre les données fournies par le Canada et les États-Unis ainsi que les doutes émis par divers chercheurs au sujet de la fiabilité des données recueillies avant 1980.

Le Comité de coordination de la recherche et de la surveillance (CCRS) a créé un certain nombre de groupes spéciaux chargés d'étudier les effets des polluants acides dans l'atmosphère, en milieu aquatique et en milieu terrestre. Parallèlement, les membres du CCRS se sont rendu compte de la nécessité d'un programme d'assurance de la qualité bien défini qui viendrait renforcer les recherches et la surveillance du Programme d'études TGDPA (PETGDPA) et ils ont créé un sous-groupe distinct chargé de promouvoir l'assurance de la qualité afin de garantir le caractère scientifique de toutes les études réalisées dans le cadre du programme.

Activités de 1982 à 1990 :

- Le sous-groupe de l'assurance de la qualité a contribué à la mise au point de protocoles touchant la sélection des sites (McQuaker, 1982; McQuaker et al., 1983), l'échantillonnage (Sandberg et al., 1986), les analyse (McQuaker, 1986; Campbell et al., 1985) et la communication des données (Still et al., 1983) pour toutes les études.

- Le sous-groupe a maintenu des relations étroites avec les chercheurs de toutes les études afin de s'assurer qu'ils adoptaient des méthodes adéquates d'assurance de la qualité.

- Grâce à la création du sous-groupe, des liens solides ont été établis avec les chercheurs américains. Il en est résulté un certain nombre de travaux conjoints, notamment des ateliers destinés aux analystes des laboratoires, l'adoption d'un programme d'assurance de la qualité pour l'évaluation sur le terrain du modèle eulérien ainsi que des ateliers sur l'assurance de la qualité dans les études écologiques.

Les quatre sections suivantes décrivent l'historique, les réalisations et les lacunes du programme d'assurance de la qualité. En règle générale, dans le cas des études qui comportaient des protocoles reliés à des analyses quantifiables et semi-rigides, à l'échantillonnage et à la base de données, il a été possible d'adopter avec succès des méthodes d'assurance de la qualité. Lorsque les mesures englobaient les réactions de systèmes biologiques, des protocoles de prélèvement d'échantillons semi-quantitatifs, etc,

il n'a pas été possible, à quelques exceptions près, d'appliquer ces méthodes avec la même rigueur.

Dans les études de l'atmosphère et du milieu aquatique, les chercheurs avaient une nette avance en ce qui concerne l'assurance de la qualité, si bien qu'ils ont été en mesure de se plier aux exigences d'un programme d'assurance de la qualité efficace. Par conséquent, dans ces études, les programmes d'assurance de la qualité ont pu mieux uniformiser les méthodes de mesures.

En outre, le Sous-groupe de l'assurance de la qualité tendait au départ à s'intéresser davantage aux études du milieu aquatique et de l'atmosphère et ce n'est qu'au milieu des années 80 qu'il a accordé plus d'attention aux études du milieu terrestre incorporées dans le programme. Dans la mesure où les études terrestres exigent souvent une plus grande surveillance des facteurs écologiques, il faudra mettre au point des méthodes supérieures d'assurance de la qualité de la recherche et de la surveillance.

Études des effets en milieu aquatique

De nombreux organismes fédéraux et provinciaux effectuent des études sur les effets du TGDPA en milieu aquatique. Dans bien des cas, les recherches ont résulté de travaux antérieurs ou se sont intégrées dans des études en continu du milieu aquatique. Souvent, elles font appel aussi bien à des bases de données anciennes que courantes. Par conséquent, il n'existe pas un programme unique de gestion AQ/CQ ou un document unique décrivant les méthodes AQ/CQ. Néanmoins, les programmes d'assurance et de contrôle de la qualité constituent un volet permanent de toutes les recherches en milieu aquatique et font partie intégrante des études du PETGDPA au Canada. Certains protocoles AQ/CQ, qui avaient été établis pour des programmes de surveillance du milieu aquatique antérieurs ou différents, ont été conservés, évalués et sont constamment perfectionnés dans le cadre du PETGDPA. Il existe de la documentation sur ces protocoles, mais elle est disséminée dans un grand nombre de documents publiés ou inédits et reflète la diversité des recherches.

Les chercheurs canadiens se rendent compte qu'un programme AQ/CQ complet est essentiel à la démarche scientifique. Un des désavantages des recherches sur les effets du TGDPA en milieu aquatique est le fait qu'elles soient menées par de nombreux organismes à différents échelons administratifs. Par conséquent, les protocoles AQ/CQ adoptés ne sont pas nécessairement les mêmes d'une étude à l'autre. Ce n'est que grâce aux efforts de coordination du Sous-groupe de l'assurance de la qualité et aux relations personnelles des scientifiques entre eux que les programmes AQ/CQ sont en voie d'être normalisés.

Les chefs de projets recueillent, emmagasinent et analysent constamment des renseignements sur tous les aspects des travaux sur le terrain et en laboratoire, sur la fidélité, la justesse, la comparabilité, l'intégralité et la représentativité des données afin de

s'assurer de la validité de leurs résultats et du bien-fondé de leurs conclusions. Dans l'ensemble, les protocoles d'assurance de la qualité utilisés dans le PETGDPA en milieu aquatique se sont révélés efficaces dans le cadre du programme et répondent aux objectifs individuels des projets.

Études sur les effets dans l'atmosphère

A partir de la fin des années 70 jusqu'à la fin des années 80, les chercheurs dans le domaine atmosphérique ont consacré des efforts considérables à l'assurance et au contrôle de la qualité. La plupart de leurs travaux visaient à quantifier la justesse, la fidélité, la comparabilité, l'intégralité et la représentativité des mesures atmosphériques, notamment celles des dépôts humides. Les résultats de leurs efforts démontrent que les mesures des dépôts humides des principaux agents acidogènes peuvent être très fidèles (écarts généralement inférieurs à 5 %) et avoir un bon degré de comparabilité ($\pm$ 25 % entre les réseaux). Pendant la décennie, on a amélioré la représentativité des sites dans de nombreux réseaux canadiens et l'intégralité des données est devenue un important facteur d'évaluation de la qualité des mesures des dépôts humides.

Bien que la section consacrée aux effets atmosphériques porte surtout sur l'assurance de la qualité dans les méthodes de mesure des dépôts humides, des méthodes détaillées d'assurance et de contrôle de la qualité ont également été adoptées dans d'autres programmes de mesure. Cela apparaît dans les publications où l'on constate que, dans presque tous les programmes canadiens de recherche atmosphérique, on a tenu compte de l'assurance de la qualité dans l'élaboration des programmes et dans l'analyse des données.

Études des effets en milieu terrestre

On a commencé à intégrer des programme d'assurance de la qualité dans les études du milieu terrestre du PETGDPA, mais il faudra encore énormément de travail avant que toutes les études soient dotées d'un programme complet.

Les chercheurs en milieu terrestre qui utilisent des données sur l'eau devraient s'inspirer des méthodes AQ/CQ perfectionnées que l'on retrouve dans les programmes de surveillance des précipitations ou du milieu aquatique.

D'autres travaux sont nécessaires afin de déterminer des façons d'évaluer la justesse des mesures sur le terrain, comme celles des arbres, de l'état des cimes et d'autres caractéristiques physiques. Il faudrait aussi répéter un certain pourcentage des mesures et des analyses.

Les laboratoires doivent continuer de mettre au point leur propre programme AQ/CQ, de participer à des études comparatives interlaboratoires et d'utiliser largement des

échantillons de référence. Des comparaisons interlaboratoires sont essentielles à l'évaluation de la comparabilité des données.

Des manuels complets à l'intention du personnel sur le terrain favorisent l'adoption de méthodes appropriées pour l'échantillonnage et la manutention des échantillons et assurent la continuité entre différents observateurs ou aides lorsque l'étude couvre plus d'une saison. Il faut rédiger ces manuels avant le début de l'échantillonage et, lorsque cela est possible, effectuer une étude pilote (une étude pilote bien planifiée n'a pas besoin d'être très longue) afin de voir si les méthodes recommandées sont pratiques et d'en établir une version finale qui sera utilisée sur le terrain. Toute modification d'une méthode doit figurer dans la documentation et faire l'objet de comparaisons. Pour améliorer la représentativité des données, il importe de rédiger des critères de sélection des sites avant le début de l'étude. Une fois choisis, ces sites doivent être décrits et évalués afin que toute dérogation par rapport aux critères fixés figure dans la documentation. Tout changement de site au cours de l'étude doit être consigné dans la documentation.

Dans les études sur le milieu terrestre, beaucoup de mesures font appel au jugement de l'observateur. Pour accroître leur fiabilité, il est nécessaire de mettre au point de nouvelles techniques adéquates, notamment le recours à de multiples observateurs ayant reçu une formation spéciale.

Assurance de la qualité dans les études de laboratoire

Le programme externe d'assurance de la qualité que le Sous-groupe du CCRS a présenté aux chercheurs du PETGDPA concernait surtout les méthodes de mesure en laboratoire. Sous cet angle, le programme s'est révélé excellent et a eu une influence positive. La présentation d'une étude tous les quatre mois pendant huit ans a créé un climat qui incitait les analystes à perfectionner leurs méthodes et les rendait davantage conscients de tous les aspects de l'assurance de la qualité.

Les résultats de chaque étude prouvent à quel point beaucoup de laboratoires se sont nettement améliorés. La comparabilité des données canadiennes et américaines est jugée excellente.

Au début du programme AQ en 1982, les responsables ont adopté un système de gestion de banque de données afin d'emmagasiner toutes les données pertinentes. Aujourd'hui, cette banque renferme près d'un-demi million de résultats de laboratoire et elle est considérée comme une ressource précieuse.

Des logiciels reliés à cette banque ont servi aux fins suivantes : a) mise au point de méthodes d'évaluation de la performance des laboratoires; b) démonstration de la stabilité à long terme des échantillons d'eau naturelle et c) illustration de la performance constante d'un laboratoire pour un paramètre donné ou pour un groupe de paramètres. Récemment, la banque de données a servi a démontrer comment la précision varie en

fonction de la concentration. On peut maintenant fixer des normes de performance précises pour les futures études.

En dépit de l'efficacité du programme externe AQ, il reste d'autres domaines qui doivent être améliorés. Citons : a) la surveillance des variations entre les sites et entre les échantillons; b) la détermination de l'erreur systématique des mesures en laboratoire sur une base absolue, et c) des études plus fréquentes des échantillons de milieu terrestre.

Aperçu général

Les éléments d'assurance de la qualité intégrés dans toutes les études ont eu des répercussions importantes en fournissant aux autorités fédérales et provinciales d'excellentes données pouvant étoffer leurs négociations d'une réduction des émissions de polluants.

Beaucoup de travail a été accompli pour intégrer des programmes d'assurance de la qualité dans les recherches sur l'atmosphère, sur le milieu aquatique et en laboratoire et on commence à adopter de tels programmes dans les études du milieu terrestre. Dans la phase suivante consacrée à la surveillance des effets des réductions d'émissions, il faudra renforcer et améliorer ces programmes AQ.

8.I.I. RÉFÉRENCES

CAMPBELL P., et al., 1985. "Final Report: Analytical Methodology Working Group". A report to the RMCC Quality Assurance Subgroup.

McQUAKER, N.R., 1986. "Measurement of Acidity and Alkalinity". A report to the RMCC Quality Assurance Subgroup.

McQUAKER N.R., KLUCKNER P.D., TORNEBY J.E., SHEWCHUCK S.E., SORBA E.A., CHAN W.H., and STILL M.E. (1982). Standard methods for national wet-only precipitation sampling and chemical analysis. Final Report of the Task Force on Standard Methods for Sampling and Chemical Analysis. Federal/Provincial Long-range Transport of Atmospheric Pollutants (LRTAP) Reports on Quality Assurance.

McQUAKER et al., 1983. "Precipitation and Surface Waters: Recommended Methods for Sampling and Site Selection". A report to the RMCC Quality Assurance subgroup from the Surface Water and Precipitation Work Groups.

SANDBERG, D.K., McQUAKER, N.R., VET, R.J., et WEIBE, H.A., 1986. "Snowpack: Recommended Methods for Sampling and Site Selections." A report from the Ad Hoc Sampling and Site Selection Work Group to the RMCC Quality Assurance Subgroup.

STILL, M.E., et al., (1983). "Ad Hoc Work Group on Data Bases" A report to the RMCC Quality Assurance Subgroup.

8.2 APERÇU GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DU MILIEU AQUATIQUE

8.2.1. INTRODUCTION

Les études menées au Canada sur les effets en milieu aquatique du transport à grande distance des polluants atmosphériques (TGDPA) portent sur la transformation avec le temps de la composition chimique de l'eau et des biotes aquatiques par suite du TGDPA et notamment des précipitations acides (Brooksbank et al., 1989). La plupart de ces recherches sont concentrées dans l'Est du Canada (Québec, Ontario et Provinces atlantiques) où les taux de dépôts acides sont les plus élevés.

Dans les Provinces atlantiques, c'est Environnement Canada qui coordonne la surveillance des lacs et des cours d'eau au moyen d'un réseau de surveillance du TGDPA comprenant 78 lacs et 27 cours d'eau. Le choix des stations de surveillance s'est fait à partir des données contenues dans les fichiers de la banque NAQUADAT qui ont été complétées par les résultats des relevés du Service canadien de la faune (SCF) (Kerekes, 1973; Kerekes et Schwinghammer, 1975) et de Pêches et Océans Canada (POC) (Scruton, 1983; Kelso et al., 1986; Peterson et al., 1986). De plus, on a incorporé dans cette base de données des renseignements provenant des programmes régionaux de surveillance de la qualité de l'eau des provinces. D'autres recherches approfondies sur l'acidification des bassins hydrographiques sont menées (par les deux échelons administratifs et par des universités) dans trois bassins lacustres du Parc national Kejimkujik en Nouvelle-Écosse.

Au Québec, des recherches sont menées à l'échelon fédéral et provincial. Le réseau fédéral comprend 41 stations (25 de mesures spatiales et 16 de mesures temporelles) choisies à partir d'un inventaire de 185 lacs de tête du Bouclier canadien. Ces stations sont situées à l'intérieur d'une bande de 150 km de largeur qui longe la rive nord du Saint-Laurent et de l'Outaouais. Des recherches plus poussées ont lieu au lac Laflamme, un bassin calibré de la région de la forêt Montmorency, qui est situé à quelque 80 kilomètres au nord de Québec. Une série de données provinciales sur 1 091 lacs (recueillies entre 1981 et 1985) a servi à l'étalonnage d'un modèle d'acidité (Dupont et Grimard, 1988, 1989). En 1986, on a créé un réseau de surveillance lacustre à des fins statistiques afin de quantifier l'état d'acidification des lacs dans le Sud de la province (Dupont, 1988, 1989). Pour ce réseau, le territoire au nord du fleuve Saint-Laurent et au sud du 51^{e} parallèle a été divisé en cinq régions hydrographiques. Le ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) a également effectué des études intensives de toxicité dans quatre lacs de la région de Portneuf dans le but de les comparer à quatre lacs de la région des Adirondacks dans l'État de New-York (Simonin et Dupont, 1986). Pêches et Océans Canada effectue aussi des travaux de surveillance de certaines grandes rivières à saumons le long de la rive nord du Saint-Laurent (Walsh et al. 1987; Lachance et al., 1988).

En Ontario, c'est Environnement Ontario qui coordonne les inventaires des lacs. Entre 1980 et 1988, le Ministère a échantillonné plus de 6 000 lacs de la province. Il a publié un rapport (1988) qui donne la liste de ces lacs et leur vulnérabilité à l'acidification. Le Ministère effectue des recherches chimiques et biologiques plus poussées dans certains lacs et bassins de la région Muskoka/Haliburton (8 lacs et 24 bassins dont 2 ont fait l'objet d'analyses biochimiques, les lacs Plastic et Harp); jusqu'en 1988, des recherches similaires ont eu lieu dans la région de Thunder Bay (lac Hawkeye). Environnement Canada ainsi que Pêches et Océans Canada effectuent également des recherches dans la région d'Algoma (lacs Turkey) et de Kénora (région des lacs expérimentaux).

Il y a moins de recherches dans l'Ouest du Canada puisque la plupart des plans d'eau fragiles sont situés dans des zones où les dépôts acides sont faibles. Actuellement, Environnement Canada et le ministère de l'environnement de la Saskatchewan effectuent une étude conjointe de surveillance qui comporte l'échantillonnage de 22 lacs du Bouclier canadien dans le Nord de la province. Quelques recherches sur les effets du TGDPA en milieu aquatique sont également en cours sur la côte du Pacifique en Colombie-Britannique sous la direction du ministère provincial de l'Environnement et des Pêches, de Pêches et Océans Canada et d'Environnement Canada.

Pour toutes les études citées précédemment, il existe un réseau de mesures spatiales ou temporelles d'échantillons prélevés à des sites et à des moments précis, des méthodes de collecte, de manipulation et d'analyse de ces échantillons ainsi que des méthodes de transmission, d'emmagasinage et d'interprétation des données. Pour être efficace, un programme AQ/CQ doit donc englober chacune de ces activités. Pour toutes les recherches mentionnées, il existe des définitions et de la documentation relatives aux sites et aux stations d'échantillonnage, et des critères de sélection assurent la représentativité de ces sites, qu'il s'agisse de lacs, de ruisseaux, de sources ou de précipitations. Toute dérogation par rapport aux critères est consignée dans la documentation. Les méthodes d'utilisation des instruments, de prélèvement, de manipulation et d'analyse des échantillons ainsi que de transmissions des données sont définies dans une documentation qui est périodiquement révisée et mise à jour. On a également mis au point des protocoles pour la formation du personnel, et la variation des données est évaluée en fonction de la rotation du personnel assigné à une tâche.

Sur le terrain, des programmes de contrôle de la qualité servent à vérifier la justesse, la fidélité, la représentativité et l'intégralité des données; ils font appel à des blancs-témoins, à des prélèvements répétés (mesures spatiales et temporelles), à des échantillons fractionnés, à des échantillons de contrôle inconnus, à des additions normalisées, etc. Quant aux programmes CQ des laboratoires, ils comportent la détermination d'échantillons répétés à l'intérieur d'une série d'analyses ou entre deux séries, des normes d'étalonnage et des vérifications, des analyses comparatives interlaboratoires, des échantillons de référence à teneur connue, des blancs-témoins, des vérifications des interférences, de la sensibilité et de la récupération. Les gestionnaires des données

appliquent des critères prédéterminés pour l'inclusion ou l'exclusion de données aberrantes ou anormales.

Pour faciliter l'évaluation du caractère exhaustif des programmes AQ/CQ pour les diverses études du milieu aquatique, nous en donnons un résumé au tableau 8.2.1.

8.2.2 ÉVOLUTION DES PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DU MILIEU AQUATIQUE DEPUIS DIX ANS

Provinces atlantiques

Dans les Provinces atlantiques, la surveillance de la qualité de l'eau ne cesse d'évoluer depuis de nombreuses années. Le programme le plus complet remonte au début des années 50 (Thomas, 1953). Dès cette époque, il existait de la documentation sur les critères de sélection des sites, sur les protocoles de prélèvement et d'expédition des échantillons ainsi que sur les méthodes d'analyse. Les méthodes de validation des données englobaient des mesures courantes du bilan ionique et du bilan massique (valeur théorique par rapport à la mesure des solides dissous) ainsi que le calcul théorique de la conductivité spécifique; on reconnaissait que tous ces critères devenaient inutiles dans le cas d'eaux dont les ions avaient une valence faible parce qu'elles contenaient des quantités significatives d'acides organiques. Périodiquement, on a vu apparaître de la documentation sur les progrès réalisés dans les méthodes d'analyse (Thomas, 1960; Environnement Canada, 1974, 1979) et d'échantillonnage (Thomas, 1960; Environnement Canada, 1972, 1973, 1983). Combinées au programme d'études comparatives d'Environnement Canada qui améliorait la fidélité et la justesse en laboratoire, ces méthodes ont contribué à assurer la qualité du programme.

En 1984, on a adopté et publié un programme uniforme AQ/CQ qui devait être suivi par tout le personnel sur le terrain. Ce programme définissait toutes les méthodes à suivre, notamment les critères de sélection des sites (Clair et al., 1986), le prélèvement en triple d'au moins 15 % de tous les échantillons, la filtration et la préservation des échantillons ainsi que la préparation de blancs-témoins à la fin de chaque journée de collecte, enfin l'expédition des échantillons au laboratoire dans les 48 heures suivant la collecte (Arseneault et Howell, 1987). Le programme d'échantillonnage en triple a été adopté pour cinq grandes études : 1) fleuve Saint-Jean; 2) lacs de Nouvelle-Écosse reliés au PETGDPA; 3) lacs de Terre-Neuve reliés au PETGDPA; 4) étude globale du TGDPA dans les cours d'eau; 5) bassin Kejimkujik (Arseneault et Howell, 1985). Les critères de sélection des sites (énumérés dans Clair et al., 1986) tenaient compte du fait que, dans de nombreuses stations, des échantillons étaient recueillis à d'autres fins que le PETGDPA (Howell et Brooksbank, 1987).

TABLEAU 8.2.1
ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES CANADIENNES DU PETGDPA EN MILIEU AQUATIQUE

Nom de l'étude	Type	Prog. off. AQ	Obj.de qlté données	Sources d' erreur	Val. des données	Études pilotes	Manual (terr.)	Manual (lab.)	Prog. de lab.	Blancs-témoins terr.	Éch. répétés lab.	Éch. inconnus lab.	Comp. interlab	Év. représ. de l'éch	Méthode de collecte	Év. CQ des données
Provinces atlantiques																
Fleuve St.John	S. cours d'eau	D	O	O	Av	N/D	Av	Av	I	D	D	N/D	Av	I	D	D
Lacs N.É. TGDPA	Surv. lacs	Av	N/D	O	Av	N/D	Av	Av	I	Av	Av	N/D	Av	D	D	D
Lacs T.N. TGDPA	Surv. lacs	Av	N/D	O	Av	N/D	Av	Av	I	Av	Av	N/D	Av	D	D	D
Étude globale des cours d'eau-TGDPA	S. cours d'eau	D	N/D	O	Av	N/D	Av	Av	I	D	D	N/D	Av	D	D	D
Kejimkujik	Bassin calibré	D	N/D	O	Av	N/D	Av	Av	I	D	D	N/D	Av	D	D	D
Terre-Neuve - POC	Inv. lacs	Av	N/D	O	Av	O	Av	Av	Av	Av	Av	N/D	Av	Av	Av	D
Maritimes - POC	Inv. lacs	Av	N/D	O	Av	O	Av	Av	Av	Av	Av	N/D	Av	Av	Av	D
Labrador - POC	Inv. lacs	Av	N/D	O	Av	O	Av	Av	Av	Av	Av	N/D	Av	Av	Av	D
Un du Minn.	Inv. lacs	I	N/D	O	Av	N/D	N/D	Av	I	D	D	N/D	N/D	I	D	D
LabradorA Env.	Inv. lacs	I	N/D	O	Av	N/D	Av	Av	I	D	D	N/D	Av	I	D	D
Québec																
Réseau MENVIQ																
- mes. spatiales	Inv. lacs	N	I	I	O	Av	O	O	O	O	O	N	O	O	I	I
- mes. temporelles	Inv. lacs	N	I	I	O	Av	O	O	O	O	O	N	O	O	I	I
MENVIQ	Inv. lacs	O	O	I	O	N	O	O	O	O	O	O	O	O	I	O
Lac Laflamme																
Bilan ionique	Bassin calibré	N	I	I	O	N	N	N/D	O	N	N	N	D	O	N	I
Fonte du printemps	Bassin calibré	N	I	I	O	N	N	N/D	O	N	N	N	O	O	I	I
Ontario																
Inv. prov des lacs	Inv. des lacs	I	O	O	O/D	O	I	O/Av	O/I	D	O/D	N	O/D	D	D	D
Lacs Plastic/Harp/ Hawkeye	Bassin calibré	O	O	O	Av	O	D	Av	Av	D	D	D	D	D	Av	D
Études biologiques	Lacs/ruisseaux	O	O	O	O	O	D	Av/D	O	D	D	D	D	D	Av	D
Études chimiques		O	O	O	O	O	D	Av/D	O	D	D	D	D	D	D	D
Lacs Turkey	Bassin calibré	D	I	O	O	N	N	O	D	N	D	I	D	D	N	D
Région lacs expérimentaux	Bassin calibré	I	I	I	O	N	N	O	D	O	O	O	O	O	O	O

O	Oui
N	Non
Av.	Adopté avant étude actuelle
D	Adopté durant étude actuelle
I	De façon informelle
N/D	Non disponsible

Le premier pas vers une gestion des données AQ a été franchi lorsque les données sur les eaux de surface des divers organismes ont été incorporées dans NAQUADAT, la banque de données sur la qualité des eaux canadiennes d'Environnement Canada.

Cette banque comprend des données sur la qualité des eaux de surface des Provinces atlantiques recueillies par au moins sept organismes gouvernementaux différents. Même si ces données avaient déjà fait l'objet d'une évaluation à l'aide des méthodes de contrôle de la qualité propres à chaque organisme, on les a soumises a d'autres protocoles CQ avant qu'elles ne puissent servir au PETGDPA. Des protocoles ont également été adoptés pour la manipulation des échantillons prélevés en double ou en triple.

Québec

Au Québec, la crainte suscitée par l'acidification des eaux de surface du Bouclier canadien a entraîné l'établissement, en 1983, d'un réseau fédéral pouvant repérer les tendances spatiales et temporelles de la qualité des eaux de surface. Pour s'assurer de la réalisation des objectifs de ce programme, on a adopté au même moment des méthodes AQ/CQ. Les renseignements contenus dans une série de données d'inventaires de185 lacs de la province ont servi à la conception d'un réseau rationnel qui permettait d'atteindre les objectifs souhaités avec le maximum d'efficacité et avec des ressources limitées (Bobée et al., 1983; 1986; Haemmerli et al., 1985). La mise au point des critères de sélection des sites est décrite dans Bobée et al. (1983) ainsi que dans Brooksbank et al. (1989). Étant donné que le repérage de tendances temporelles à un site donné ne dépend pas des mêmes caractéristiques statistiques que celles qui déterminent l'évolution spatiale de la qualité de l'eau de surface, les aspects spatial et ponctuel ont été considérés séparément et le réseau qui a été établi représentait un compromis entre les deux (Bobée et al., 1983, 1986; Haemmerli et al., 1985). Pour décider du nombre de sites de mesures temporelles nécessaires à la détection, sur une période de cinq à dix ans, d'une tendance, on s'est appuyé sur les travaux de Lettenmaier (1977) et de Berryman (1984). Comme la conception initiale du réseau reposait sur quelques hypothèses de base, ces hypothèses ont été vérifiées par la suite à l'aide des données de la première année d'échantillonnage. Les tests de représentativité, d'homogénéité et de stabilité sont décrits dans Haemmerli et al. (1985).

Les méthodes et protocoles d'échantillonnage s'inspiraient de ceux d'Environnement Canada (1983). Ils sont décrits, de même que les méthodes d'analyse, dans Haemmerli (1988). Les recommandations touchant les vérifications du contrôle de la qualité sur le terrain, comme par exemple le prélèvement d'échantillon répétés et l'utilisation de blancs-témoins, sont décrites dans Brooksbank et al. (1989). Un programme d'échantillonnage en triple a été mis sur pied pour la surveillance du réseau. Les analyses de laboratoire sont conformes aux méthodes normalisées décrites par Environnement Canada (1979 et 1981) et sont effectuées par le laboratoire national de Burlington (Ontario) et le laboratoire régional de Longueuil (Québec). Le laboratoire national possède un protocole AQ/CQ interne et participe aussi à des vérifications

interlaboratoires externes de la qualité, notamment dans le cas des échantillons du TGDPA. Toutes les données sont soumises aux méthodes de validation décrites à la section 8.5 et, une fois validées, elles sont consignées dans la banque centrale NAQUADAT.

Le réseau de surveillance de l'acidité des lacs (ReSSALQ) du ministère de l'Environnement du Québec tient compte à la fois des aspects chimiques et biologiques des effets de l'acidification.

Pour les études chimiques, il existe des protocoles touchant le choix des sites, l'estimation de la fidélité, et la validation des données et des prélèvements (Dupont, 1988, 1989; Dupont, sous presse). Au total, 1 273 stations lacustres sont surveillées dans le cadre d'un programme de cinq ans grâce auquel de 200 à 337 lacs sont inspectés en alternance chaque année. Cinq pour cent de tous les échantillons sont prélevés en triple. Le laboratoire du MENVIQ analyse tous les échantillons selon des protocoles normalisés. Il possède un programme AQ/CQ qui englobe des blancs-témoins sur le terrain et en laboratoire, des normes d'étalonnage et des vérifications, la surveillance de la performance et des déterminations par plusieurs méthodes (Ministère de l'environnement du Québec, 1986). Il participe aussi au programme interlaboratoire fédéral-provincial d'assurance de la qualité du PETGDPA. Les données sont emmagasinées dans la BQMA (Banque de la qualité du milieu aquatique) qui n'accepte que celles qui se situent dans des limites prédéterminées. Les données rejetées sont vérifiées à la main. Chaque année, les données sont versées dans la banque NAQUADAT. Il existe également un programme de contrôle de la qualité au niveau du traitement des données qui comporte des méthodes de validation comme le bilan ionique, la perte de conductivité par rapport à la perte d'ions, la comparaison logique de paires de variables, etc. Ces méthodes sont décrites dans Dupont (1986, 1988).

Les études biologiques, qui sont également incorporées dans le ReSSALQ, visent à évaluer les effets de l'acidité sur les populations et les espèces de poissons. Dans chaque région hydrographique étudiée, de 30 à 74 lacs sont échantillonnés selon un protocole normalisé. Ce protocole ainsi que les méthodes de sélection des sites sont décrits dans Tremblay (1989). On trouvera en 8.2.3 la description des méthodes de validation utilisées pour le repérage des données anormales.

Ontario

En Ontario, les recherches du PETGDPA sont menées par des organismes fédéraux et provincipaux. Environnement Ontario étudie les effets de l'acidification du milieu aquatique dans le cadre de son programme ÉPAO (Étude sur les précipitations acides en Ontario). Les études sont effectuées surtout dans la région Muskoka/Haliburton à Dorset, bien que certaines aient aussi été réalisées près de Thunder Bay et de Sudbury. Les études du milieu aquatique englobent : 1) un volet chimique qui comprend la limnologie chimique, la modélisation des lacs et ruisseaux, les mesures de contaminants

métalliques et l'inventaire des lacs; 2) un volet biologique qui comporte des études des algues, du zooplancton et des niveaux de toxicité, une surveillance biologique ainsi que la surveillance des déchets métalliques et organiques; 3) des traitements rectificatifs des lacs. Ces études du TGDPA en milieu aquatique ont débuté en 1979 et se sont greffées sur un programme existant (Lakeshore Capacity Study). Par conséquent, une grande partie du programme AQ/CQ actuel existe depuis 1975 et s'est élargi au même rythme que les études (Locke, 1985; Locke et Scott, 1986; Locke, sous presse).

Le plan des études et les critères de sélection des sites ont été définis et consignés dans la documentation dans le cadre de la Lakeshore Capacity Study (Dillon et al., 1986). Toute dérogation par rapport aux critères définis fait l'objet d'un document explicatif. Pour le PETGDPA, on a conservé des lacs qui faisaient partie de la première étude à cause de leur excellente situation, des caractéristiques des sites et des précieuses données historiques qui étaient disponibles. De nouveaux lacs sensibles à l'acidification ont aussi été choisis (Locke et Scott, 1986). Les instruments et les méthodes de prélèvement des échantillons aqueux et biologiques ont fait l'objet d'une documentation (McQuaker et al, 1983; Scheider et al, 1983; Locke et Scott, 1986). On a d'abord effectué une étude préliminaire intensive et établi par la suite le programme des activités courantes.

La Direction des services de laboratoire d'Environnement Ontario fournit les services d'analyse du milieu aquatique dans le cadre du programme ÉPAO. Elle possède un programme AQ/CQ (Moody, 1983; Environnement Ontario, 1985, 1986) qui est constamment évalué et amélioré par le personnel de laboratoire. Il comporte des mesures de la justesse et de la fidélité, des vérifications des interférences et de la récupération, des échantillons de contrôle inconnus ainsi que des analyses comparatives interlaboratoires ou interméthodes. Toutes les techniques de laboratoire font l'objet d'une documentation détaillée (Environnement Ontario, 1983) et des rapports de performance sont diffusés (Environnement Ontario, 1980, 1984, 1986, 1987, 1989a, 1989b). Le laboratoire est non seulement doté de protocoles AQ/CQ courants, mais il participe aussi à des vérifications externes de l'assurance de la qualité des échantillons du PETGDPA dans le cadre des études comparatives interlaboratoires du programme (voir section 8.5).

Les données des analyses de laboratoire et des mesures sur le terrain provenant des études dans les régions de Muskoka/Haliburton et de Thunder Bay ainsi que certaines provenant des études de Sudbury sont emmagasinées dans la banque ORACLE. Dans cette banque, on consigne le lieu du prélèvement, la nature de l'échantillon ainsi que les méthodes d'analyse ayant donné chaque résultat. Les données chimiques sont traitées à l'aide d'un programme de correction qui aide à repérer les erreurs et les inconsistances. Seuls, certains utilisateurs peuvent modifier la base de données. Des vérifications permettent également de repérer les erreurs importantes ainsi que toute contamination évidente. Les données atmosphériques jouent un rôle clé dans l'examen des bilans chimique et hydrologique des bassins. Des données atmosphériques de différentes sources sont donc utilisées et emmagasinées dans la banque de Dorset. On

trouve une description des sources et des applications de ces données dans Locke et deGrosbois (1986).

Pour les analyses d'algues, toutes les méthodes d'échantillonnage et de cartographie font l'objet d'une documentation. On procède à des comparaisons des méthodes cartographiques des techniciens et les données d'observation sont régulièrement corrigées (Jackson, comm. pers.). Toutes les méthodes de collecte et d'analyse en laboratoire ainsi que les analyses taxonomiques se font conformément à des méthodes reconnues (voir par exemple Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences, 1981; Nicholls, K., 1978, 1979, 1980, 1984a, 1984b).

Pour les études biologiques qui exigent la collecte de zooplancton, on se sert de méthodes bien documentées qui ont été établies et testées avant les études en milieu aquatique du PETGDPA. Ces méthodes sont décrites dans Scheider et al. (1975) et dans Yan (1979). Les protocoles pour le contrôle de la qualité des études biologiques ont évolué depuis dix ans avec la croissance du programme ÉPAO.

Dans la région d'Algoma au nord de Sault-Sainte-Marie, Environnement Canada a recueilli des données chimiques sur l'eau de quatre lacs (Turkey, Little Turkey, Wishart et Batchawanna). Des relevés lacustres ont aussi été effectués au sud des lacs Turkey ainsi que dans le Parc national Pukaskwa. Les critères de sélection des sites ainsi que le fondement des recherches effectuées dans les lacs Turkey sont décrits dans Jeffries et al. (sous presse), les méthodes d'échantillonnage et de traitement des données, dans Jeffries et al. (1983) ainsi que dans Semkin et al. (1987).

Dans la région de Kenora, Pêches et Océans Canada a prélevé chaque année des échantillons dans douze lacs. En 1968, on y a établi une région de lacs expérimentaux afin d'étudier l'eutrophisation. C'est à ce moment-là qu'ont été élaborés et consignés dans la documentation de nombreux programmes d'assurance de la qualité. Les critères de sélection des sites sont décrits dans Brunskill et Schindler (1971). La création de la région des lacs expérimentaux visait à permettre la modification d'un lac et d'un bassin tout entier. Les lacs ont servi à l'étude des effets de l'acidification sur les systèmes aquatiques (Schindler, 1980).

Comme le prouve le résumé qui précède, les recherches canadiennes sur le TGDPA en milieu aquatique sont effectuées par de nombreux organismes fédéraux et provinciaux. Le Sous-groupe de l'assurance de la qualité du Comité de coordination de la recherche et de la surveillance (CCRS) vérifie la qualité de ces recherches en organisant des rencontres entre des représentants fédéraux et provinciaux. Les recherches effectuées par Environnement Canada sont dotées d'une bonne politique d'assurance de la qualité et d'un programme qui définit les responsabilités et les tâches du personnel de recherche; en outre, de nombreux documents décrivent les méthodes et directives à suivre en matière de contrôle de la qualité (Environnement Canada, 1983; Gaskin, 1988a, 1988b; Agemian, 1988; Brooksbank et al., 1989). Les liens de communication qui existent

entre les organismes fédéraux et provinciaux ressortent des protocoles recommandés pour l'échantillonnage de l'eau qui sont décrits dans Brooksbank et al. (1989). Ce document fait référence aux travaux connexes d'Environnement Ontario. Enfin, tous les laboratoires qui analysent des échantillons aqueux du PETGDPA doivent utiliser des méthodes qui ont d'abord été approuvées par le Sous-groupe de l'assurance de la qualité du CCRS (Campbell et al., 1985).

8.2.3 RÉSULTATS DES PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DU MILIEU AQUATIQUE DEPUIS DIX ANS

8.2.3.1 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À L'ÉVALUATION DE LA JUSTESSE

Pour qu'une mesure soit juste, il faut que le personnel de laboratoire et celui sur le terrain connaissent et puissent quantifier les sources d'incertitude d'une mesure. En ce qui a trait à la justesse des mesures et des prélèvements effectués sur le terrain dans le cadre des études canadiennes du milieu aquatique, un programme d'assurance de la qualité requiert une documentation détaillée sur les points suivants : critères et méthodes de sélection des sites et des stations, utilisation des instruments, collecte et traitement des échantillons et protocoles de contrôle de la qualité (Environnement Canada, 1983; Scheider et al., 1983; Haemmerli, 1988; Locke, 1985; Clair et al., 1986; Locke et Scott, 1986; Arseneault et Howell, 1987; Brooksbank et al., 1989). Grâce à ces directives écrites auxquelles s'ajoute la formation de tout le personnel sur le terrain (voir par exemple Clair et al., 1986), les erreurs de mesure et d'échantillonnage demeurent à un niveau minimum. En plus de la formation du personnel et de la documentation méthodologique, l'utilisation fréquente de blancs-témoins sur le terrain (notamment pour les contenants, les filtres et les collecteurs) contribue à déterminer les sources de contamination. Sur le terrain, la justesse ne s'applique pas seulement au prélèvement des échantillons, mais aussi à toutes les mesures qui y sont prises.

Les laboratoires nationaux et provinciaux utilisent des méthodes d'analyse qui, au cours des dix ou quinze dernières années, ont été vérifiées, validées et consignées dans la documentation (Environnement Canada, 1974, 1979, 1981, 1983; Ministère de l'environnement de l'Ontario, 1983; Ministère de l'environnement du Québec, 1982). Les programmes d'assurance de la qualité reliés à l'évaluation de la justesse d'une mesure analytique exigent des protocoles de contrôle de la qualité qui comportent entre autres la vérification de l'étalonnage, de la sensibilité et des interférences, un suivi du contrôle, des blancs-témoins, des échantillons de contrôle inconnus et des additions normalisées aux échantillons (Environnement Ontario, 1989a, 1989b; Agemian, 1988).

Pour effectuer une vérification externe de la justesse d'un laboratoire, on compare les mesures d'un paramètre relativement stable prises sur le terrain et en laboratoire. Les

résultats de telles comparaisons se retrouvent dans Brooksbank et al. (1989) et dans Gaskin (1988).

Tous les laboratoires canadiens et beaucoup d'américains qui analysent des échantillons du TGDPA participent à des études comparatives inter-laboratoires mises sur pied par l'Institut national de recherche sur les eaux pour ces échantillons. Bien que ces comparaisons fournissent une mesure de la fidélité et non de la justesse des analyses, la valeur médiane (résultat) qui sert de point de comparaison se rapproche de la valeur «vraie» (exacte) à mesure que le nombre de participants s'accroît (voir section 8.5). Le Ministère de l'environnement du Québec a également comparé ses méthodes analytiques avec celles de la station de Rome des services de l'environnement de l'État de New-York (NYSDEC) (Simonin et Dupont, 1986) (voir tableau 8.2.2).

À mesure que la méthodologie et l'appareillage se perfectionnent, on s'aperçoit que des données historiques sur certains paramètres peuvent être inexactes. A titre d'exemple, mentionnons l'adoption au début des années 80 de la chromatographie par échange d'ions pour mesurer les sulfates dans les échantillons d'eau. Cette méthode d'analyse élimine les interférences causées par la coloration de l'échantillon dans le dosage colorimétrique au méthyle/bleu de thymol (MBT). Lorsqu'on a commencé à l'utiliser couramment, on s'est rendu compte qu'elle donnait une mesure plus juste des sulfates que les échantillons aqueux colorés. On a donc entrepris des études sur la justesse et la comparativité des données historiques sur les sulfates (Cheam et al., 1984; Howell et Pollock, 1985; Green et al., 1986; Locke, sous presse).

Diverses solutions peuvent être envisagées en présence de données non comparables, notamment : 1) continuer à utiliser l'ancienne méthode bien qu'elle manque de justesse; 2) adopter la méthode la plus juste et jeter les anciennes données (cette solution n'est guère acceptable pour celui qui analyse les tendances au cours des années); 3) modifier les anciennes données à l'aide d'un facteur de correction pour les apparier aux nouvelles; 4) modifier les nouvelles données pour qu'elles s'apparient aux anciennes (voir par exemple Howell et Pollock, 1985). Les deux dernières solutions exigent que le laboratoire dispose de suffisamment de personnel pour analyser un grand nombre de données à l'aide des deux méthodes afin de déterminer les facteurs de correction de chaque site. Dans d'autres études, on a cherché à évaluer la justesse de méthodes couramment utilisées lorsqu'elles étaient appliquées aux réseaux d'eau douce du Bouclier canadien (voir par exemple Stainton, 1980; Jeffries et Zimmerman, 1980; Herczeg et al., 1985).

Divers organismes ont aussi étudié la longueur de vie des échantillons afin d'évaluer la justesse d'une mesure particulier sur des échantillons qui ne pourraient pas être analysés immédiatement (Locke, sous presse). Après avoir découvert que certains paramètres devaient être analysés rapidement après l'échantillonnage, on a établi des laboratoires sur le terrain pour effectuer des mesures de pH, l'alcalinité, les composés azotés, l'oxygène dissous et le carbone inorganique. Les mesures sur les autres paramètres continuent de se faire au laboratoire central. Les mesures effectuées sur le terrain,

comme celle du pH, sont ensuite comparées avec les mesures du laboratoire pour vérifier l'intégrité de l'échantillon à son arrivée au laboratoire (Howell, 1986).

TABLEAU 8.2.2
COMPARAISON DE DEUX LABORATOIRES: MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC ET SERVICES DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ÉTAT DE NEW-YORK (SOURCE : SIMONIN ET DUPONT 1986).

Résultats des comparaisons, à l'aide de la distribution du *t* de Student sur échantillons pairés, des mesures des
deux laboratoires pour six variables dans chacun des lacs de l'étude.

Lac	pH	Couleur	Alcalinité	Calcium	Conductivité	Aluminium total
Lacs du Québec						
Bleu	0	**	0	0	0	0
Édithe	0	**	0	0	**	0
Main de Fer	0	*	0	0	*	0
Poliquin	0	**	0	0	*	0
Lacs de l'État de New York						
Big Moose	0	**	0	0	0	*
Moss	0	**	0	0	0	0
North	0	**	0	*	0	0
South	*	**	0	0	0	

0 Pas de différence significative entre les laboratoires avec *alpha* = 0,05
* Différence significative avec *alpha* variant de 0,05 à 0,02
** Différence très significative avec *alpha* ≤ 0,01

Tous les chefs de projet utilisent des méthodes de validation des données afin de déterminer les sources d'incertitude dans les données. Parmi ces méthodes, mentionnons les calculs suivants : bilan ionique, concentration de l'ion principal équivalent, écarts-types, conductivité spécifique théorique par rapport à la conductivité mesurée, somme des composés, seuil de confiance de 95 %, correction de la concentration des sulfates (excès) à cause de l'apport des sels marins (Green et al., 1986; Howell et Brooksbank, 1987). On a ainsi défini des critères de rejet ou d'acceptation des données fondés sur ces calculs et sur la cohérence d'une méthode d'analyse au cours des années. Les données sont également triées afin de repérer toute contamination évidente ou les erreurs importantes.

En plus du calcul de la conductivité théorique par rapport à la conductivité mesurée et du bilan ionique, le Ministère de l'environnement du Québec utilise une méthode de tri qui n'accepte que les données qui tombent à l'intérieur de certaines limites ou dont la mesure est zéro (Dupont, comm. pers.). Les données rejetées sont vérifiées à la main. Pour leurs études biologiques, les chercheurs québécois calculent le rapport longueur/poids de chaque espèce de poisson dans chaque lac. Les mesures qui tombent à l'extérieur des valeurs acceptées sont rejetées. Pour la validation des données, Environnement Ontario se sert aussi de comparaisons entre le pH et l'alcalinité, du calcul théorique de l'alcalinité selon le carbone inorganique dissous et le pH, de comparaisons de l'azote total et du phosphore total, du bilan des charges ions/cations avec ou sans métaux et d'une estimation des anions organiques. Pour certaines séries de données on compare trois mesures d'alcalinité (valeur limite fixe de 4,5 et de 3,8 et essai de Gran) et l'on trace un graphique du sodium (Na) et du chlore (Cl) (Dillon, comm. pers.).

8.2.3.2 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À L'ÉVALUATION DE LA FIDÉLITÉ

Pour l'évaluation de la fidélité, les programmes d'assurance de la qualité se résument surtout à des protocoles de prélèvement des échantillons en plus d'un exemplaire. Ainsi, en 1984, on a adopté dans les Provinces atlantiques un programme d'échantillonage en triple pour toutes les recherches en milieu aquatique du TGDPA. Environ 15 % de tous les échantillons d'eau sont prélevés en triple exemplaire et ce pourcentage peut atteindre 25 % dans le cas de recherches effectuées dans un petit nombre de stations (Arseneault et Howell, 1985). Ces échantillons triples permettent de mesurer la reproductibilité des données (facteurs d'erreur sur le terrain et en laboratoire combinés). Au Québec, Environnement Canada et le MENVIQ utilisent des programmes d'échantillonnage triple similaires. De 1983 à 1986, Environnement Ontario a recueilli de trois à dix échantillons de plus que ceux de leur programme régulier sur 54 sites échantillonnés en alternance (comprenant des sites d'analyse de lac, de ruisseau et de précipitations). Pour chaque site de lac, ruisseau, collecteur de précipitations et profil de lac ainsi que pour chaque paramètre chimique, ils ont noté la moyenne, l'écart-type, le coefficient de variation et le nombre d'échantillons. En 1986, on a choisi trois sites où le triple échantillonnage s'est poursuivi (Locke, 1989).

Les laboratoires vérifient eux aussi la fidélité de leurs méthodes d'analyse. En vertu des protocoles de contrôle adoptés dans les laboratoires provinciaux et fédéraux, la fidélité doit être évaluée à l'intérieur d'une même série d'analyses et entre deux séries. Des échantillons d'une même série sont analysés en deux exemplaires et des échantillons de référence sont analysés avec chaque série afin d'évaluer la fidélité entre les séries (voir par exemple Agemian, 1988; Moody, 1983, Environnement Ontario, 1989a, 1989b). Des blancs-témoins ainsi que des additions normalisées sont utilisés à plusieurs reprises dans une même série d'analyses. Cette méthode permet aussi d'évaluer la fidélité. Quant à la fidélité d'un laboratoire à l'autre, elle est évaluée au moyen du programme fédéral de comparaisons interlaboratoires du PETGDPA (voir section 8.5).

8.2.3.3 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À L'ÉVALUATION DE LA COMPARABILITÉ

Lorsqu'il y a une modification de la méthode d'analyse, la comparabilité des données constitue un problème pour les chercheurs qui effectuent des études de surveillance à long terme. Chaque fois qu'il se produit un changement important de méthode, des études de comparabilité sont entreprises. Comme il a été mentionné en 8.2.3.1, le changement le plus important a été l'adoption de la chromatographie à échange d'ions pour la mesure des sulfates en remplacement du dosage colorimétrique.

Pour la mesure de la couleur, certains laboratoires ont remplacé la mesure de la couleur «apparente» (y compris la turbidité) par la mesure de la couleur «vraie» (substances colorées dissoutes seulement). Plus d'une méthode a aussi été utilisée pour obtenir la couleur vraie. L'existence possible de différences entre les méthodes a suscité des études de comparabilité (Simonin et Dupont, 1986, Haemmerli, 1988, Locke, sous presse). D'autres méthodes ont été modifiées avec l'avènement de nouveaux instruments dotés d'une meilleure capacité de détection (Locke, sous presse). Les chercheurs canadiens se rendent compte qu'il est important de faire preuve de prudence dans l'interprétation de séries de données à long terme et de la nécessité de consigner dans la documentation tout changement de méthode, notamment la date du changement. De bonnes communications entre le personnel du laboratoire et le chef de projet sont une condition indispensable à l'obtention de résultats qui puissent être interprétés.

Les scientifiques comparent souvent des données avec celles d'autres organismes canadiens ou étrangers. Le programme d'études comparatives interlaboratoires du PETGDPA garantit la comparabilité des méthodes utilisées au Canada et dans certains organismes américains. Le Sous-groupe de l'assurance de la qualité recommande des méthodes d'analyse. Au Canada, on a mis au point certaines méthodes de comparaison de diverses méthodes mentionnées dans les publications scientifiques (Jeffries et Simmerman, 1980; Stainton, 1980; Clair et Komadina, 1984; Herczeg et al., 1985; Lazerte et al., 1988). Non seulement faut-il assurer la comparabilité des méthodes d'analyse, mais il faut aussi prévoir une période de chevauchement lorsqu'il se produit une

modification de la méthodologie utilisée sur le terrain (pour la collecte ou la mesure des échantillons).

Parmi les modifications de la méthodologie sur le terrain, mentionnons l'estimation de la zone euphotique à l'aide du disque de Secchi et celle du profil de lumière à l'aide d'un détecteur quantique (Locke, sous presse). Il y a aussi la mesure du débit d'un ruisseau à l'aide d'un débitmètre; les calculs se fondent sur la vélocité et sur la surface transversale; le débit total du ruisseau est retenu pendant une période précise, puis les eaux de la décharge sont mesurées.

Il peut également y avoir une modification des méthodes de prélèvement et, dans ce cas, il est nécessaire de comparer les données obtenues avant et après la modification. A titre d'exemples de telles comparaisons, mentionnons les travaux sur la collecte du zooplancton effectués par Pêches et Océans Canada (Schindler, 1969) et par Environnement Ontario (Yan et Strus, 1980). En 1990, un atelier organisé par la Société des limnologistes chimiques sera consacré aux études comparatives récentes et exhaustives des méthodes de collecte du zooplancton utilisées au Canada. On a aussi comparé les méthodes de collecte des échantillons d'eau (Dupont, 1986; Locke, sous presse). En outre, les chercheurs ont effectué beaucoup d'études qui n'ont pas été publiées avant de recueillir des données ou des échantillons sur le terrain afin d'être certains d'obtenir des mesures comparables.

8.2.3.4 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À L'ÉVALUATION DE L'INTÉGRALITÉ ET DE LA REPRÉSENTATIVITÉ DES ÉCHANTILLONS ET DES DONNÉES D'ANALYSE

L'intégralité et la représentativité des données s'appliquent à tous les aspects de la recherche, qu'il s'agisse de la région étudiée, des types d'analyses effectuées, du nombre d'échantillons analysés ou des méthodes de validation des données employées. Une série complète et représentative de données est indispensable à la réalisation des objectifs de la recherche et à l'obtention de conclusions et de recommandations scientifiquement valides. Au Canada, la plupart des travaux en milieu aquatique du PETGDPA se sont accompagnés d'études préliminaires, puis continues, consacrées à cet aspect pour chacun des programmes d'échantillonnage.

On trouvera dans Brooksbank et al. (1989) un sommaire intéressant consacré à la mise sur pied des programmes de surveillance du milieu aquatique dans le cadre du PETGDPA. Au départ, toutes les régions d'étude ont été choisies parce qu'elles représentaient celles qui étaient le plus menacées par l'acidification.

Grâce à des séries de critères de sélection des sites bien définis et consignés dans la documentation (Bunskill et Schindler, 1971; Bobée et al., 1983; Dillon et al., 1986; Dupont et Grimard, 1988, 1989; Dupont, 1988, 1989; Jeffries et al., (sous presse), on s'est assuré que les sites choisis étaient représentatifs des ressources aquatiques de chaque région.

Dupont (1988, 1989) donne des exemples du nombre de sites qu'il faut choisir pour qu'il soit représentatif d'une région. Dans certains cas, on a choisi des lacs pour lesquels on possédait une bonne base de données historiques. Cela signifie qu'au départ les objectifs des critères de sélection des sites étaient différents de ceux du PETGDPA (Thomas, 1953; Howell et Brooksbank, 1987; Locke et Scott, 1986).

Dans de tels cas, il a fallu déterminer si la localisation de ces sites et la base de données existante convenaient à la surveillance des effets du TGDPA en milieu aquatique.

Il est possible que le repérage des tendances spatiales de l'acidification ne dépende pas des même caractéristiques que le repérage des tendances temporelles; par conséquent, lorsqu'un réseau de surveillance doit s'intéresser à ces deux aspects, il importe d'adopter une méthode rationnelle pour la conception du réseau. Un exemple d'une approche utilisée au Canada pour combiner les deux types de réseaux figure dans Bobée et al. (1983) et est résumée dans Haemmerli et al. (1985). À mesure que l'étude progressait, les chercheurs soumettaient les données à des tests statistiques afin d'évaluer l'homogénéité des sites dans une zone donnée ainsi que leur représentativité. Cette évaluation constante les a amenés à éliminer certains sites et à en ajouter d'autres.

La fréquence de l'échantillonage et le nombre d'échantillons prélevés à une station particulière dépendent des objectifs du programme et de l'ampleur des changements que l'on veut détecter. Ce point est décrit de façon générale dans Gaskin (1988b) ainsi que dans Brooksbank et al. (1989). En ne considérant que les périodes de prélèvement où certains paramètres fluctuent le moins (par exemple lors du brassage automnal des lacs), on risque d'abaisser l'amplitude d'un changement qui serait statistiquement significatif. Un exemple de cela figure au tableau 8.2.3. Les données du lac Laflamme montrent que les moyennes mensuelles de l'alcalinité et des sulfates fluctuent beaucoup moins pendant l'automne que pendant les autres mois de l'année ou que le montrent les moyennes annuelles. Par conséquent, il est possible d'obtenir de meilleurs résultats en concentrant les recherches à l'automne (Brooksbank et al., 1989). Il faut toutefois tenir compte d'autres considérations. Par exemple, c'est à l'automne que l'alcalinité est le plus élevé et les échantillons peuvent entraîner une erreur systématique si l'on n'établit pas soigneusement le programme des prélèvements (Dillon, comm. pers.). D'autres exemples du nombre d'échantillons et de la fréquence des prélèvements requis pour les diverses études canadiennes du TGDPA sont donnés au tableau 8.2.4 et à la figure 8.2.1; l'explication des calculs en cause se trouve dans Haemmerli et al. (1985), Dupont (1989) et Scholer et al. (1990). Dans le cas des études biologiques, il faut aussi déterminer avant l'échantillonnage régulier le nombre optimal d'échantillons qui sera représentatif, réduira les fluctuations au minimum et demeurera raisonnable compte tenu des ressources disponibles. Une des approches possibles est celle que donnent Yan et Stokes (sous presse) et qui apparaît à la figure 8.2.2.

Les chefs de projet se préoccupent également d'éliminer la variabilité spatiale sur les sites d'échantillonnage (c'est-à-dire le fait que le lieu ou la profondeur des prélèvements

représente ou non la portion d'eau ou la zone désirée). Les études relatives à ce problème sont effectuées avant la détermination du lieu ou de la profondeur des prélèvements. Environnement Ontario a effectué à chaque station des essais pour chaque type d'échantillon (eaux d'entrée et de sortie, ruisseau, eau souterraine, précipitations) afin de vérifier si l'échantillon était représentatif du site choisi pour l'étude. Ainsi, en 1985, des essais sur les sites d'échantillonnage de cinq décharges lacustres ont permis de voir si les échantillons prélevés à l'endroit où les eaux sont retenues par un ouvrage (point d'échantillonnage habituel des eaux de sortie) avaient la même composition chimique que ceux qui étaient prélevés au point de rencontre des eaux du lac et de la décharge. Les

TABLEAU 8.2.3
Lac Laflamme (Source : Brooksbank et al., 1989)

Moyenne annuelle des concentrations de sulfates et d'alcalinité du lac Laflamme (Québec)

	Alcalinité (mg/L)		Sulfates (mg/L)	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Lac Laflamme				
1981	5.085	2.256	4.644	1.417
1982	5.308	1.173	3.735	0.446
1983	5.422	1.280	4.052	0.350
Valeur globale	5.336	1.390	4.144	0.954

Note: Échantillons prélevés chaques semaine

résultats de cette étude ont entraîné le déplacement de l'un des points d'échantillonnage (Locke, sous presse). On a également évalué les instruments et les méthodes de collecte (McQuaker et al., 1983; Scheider et al., 1983; Locke et Scott, 1986; Ryan et Kerekes, 1989). Pour les études biologiques, il est particulièrement important de connaître la variabilité spatiale des espèces d'un plan d'eau si l'on veut obtenir des données représentatives. Yan (1986) fournit un exemple d'une telle étude relative au zooplancton qui est aussi reproduite au tableau 8.2.5. La profondeur des prélèvements est également importante et elle est souvent surveillée à l'aide de profils de température et de conductivité (Howell, 1986; Locke, 1989). On se sert aussi de la composition des

échantillons prélevés au cours des années pour déterminer une fluctuation temporelle à un site donné.

Il faut également que les paramètres analysés soient en nombre suffisant et adaptés aux objectifs de l'étude. La liste des essais évolue souvent avec l'arrivée des données et leur évaluation. Brooksbank et al. (1989) donnent une liste des paramètres essentiels au programme canadien du TGDPA. D'autres paramètres peuvent être propres à une région et analysés uniquement par certains organismes. Pour le PETGDPA, les rapports contiennent habituellement une liste des paramètres chimiques ou biologiques mesurés et des méthodes utilisées.

Enfin, les méthodes de validation des données sont particulièrement importantes pour garantir l'intégralité et la représentativité des séries de données. Certains problèmes sont cruciaux pour l'intégralité d'une base de données, par exemple le traitement des valeurs «plus petit que» et l'élimination possible de données anormales mais néanmoins vraies. Tous les chercheurs du PETGDPA utilisent des méthodes de tri très strictes qui déterminent l'acceptation ou le rejet des données et les données rejetées sont toujours vérifiées manuellement avant d'être éliminées.

8.2.4 SOMMAIRE

Au Canada, de nombreux organismes fédéraux et provinciaux effectuent des études sur les effets du TGDPA en milieu aquatique. Dans bien des cas, les recherches ont résulté de travaux antérieurs ou se sont intégrées dans des études en continu du milieu aquatique. Souvent, elles font appel aussi bien à des bases de données anciennes que courantes. Par conséquent, il n'existe pas un programme unique de gestion AQ/CQ ou un document unique décrivant les méthodes AQ/CQ. Néanmoins, les programmes d'assurance et de contrôle de la qualité constituent un volet permanent de toutes les recherches en milieu aquatique et font partie intégrante des études du PETGDPA au Canada. Certains protocoles AQ/CQ, qui avaient été établis pour des programmes de surveillance du milieu aquatique antérieurs ou différents, ont été conservés, évalués et sont constamment perfectionnés dans le cadre du PETGDPA. Il existe de la documentation sur ces protocoles, mais elle est disséminée dans un grand nombre de documents publiés ou inédits et reflète la diversité des recherches.

Les chercheurs canadiens se rendent compte qu'un programme AQ/CQ complet est essentiel à la démarche scientifique. Le sous-groupe de l'assurance de la qualité du Comité de coordination de la recherche et de la surveillance veille à ce que les organismes fédéraux et provinciaux maintiennent d'excellentes communications et il assure l'uniformité des données d'analyse en recommandant des méthodes d'analyse et en effectuant, au niveau national, des études comparatives interlaboratoires pour les échantillons du PETGDPA. Un des désavantages des recherches sur les effets du TGDPA en milieu aquatique est le fait qu'elles soient menées par de nombreux

organismes à différents échelons administratifs. Par conséquent, les protocoles AQ/CQ adoptés ne sont pas nécessairement les mêmes d'une étude à l'autre. Ce n'est que grâce aux communications des scientifiques entre eux que les programmes AQ/CQ sont en voie d'être normalisés.

Les chefs de projets recueillent, emmagasinent et analysent constamment des renseignements sur tous les aspects des travaux sur le terrain et en laboratoire, sur la fidélité, la justesse, la comparabilité, l'intégralité et la représentativité des données afin de s'assurer de la validité de leurs résultats et du bien-fondé de leurs conclusions. Dans l'ensemble, les protocoles d'assurance de la qualité utilisés dans le PETGDPA en milieu aquatique se sont révélés efficaces dans le cadre du programme et répondent aux objectifs individuels des projets.

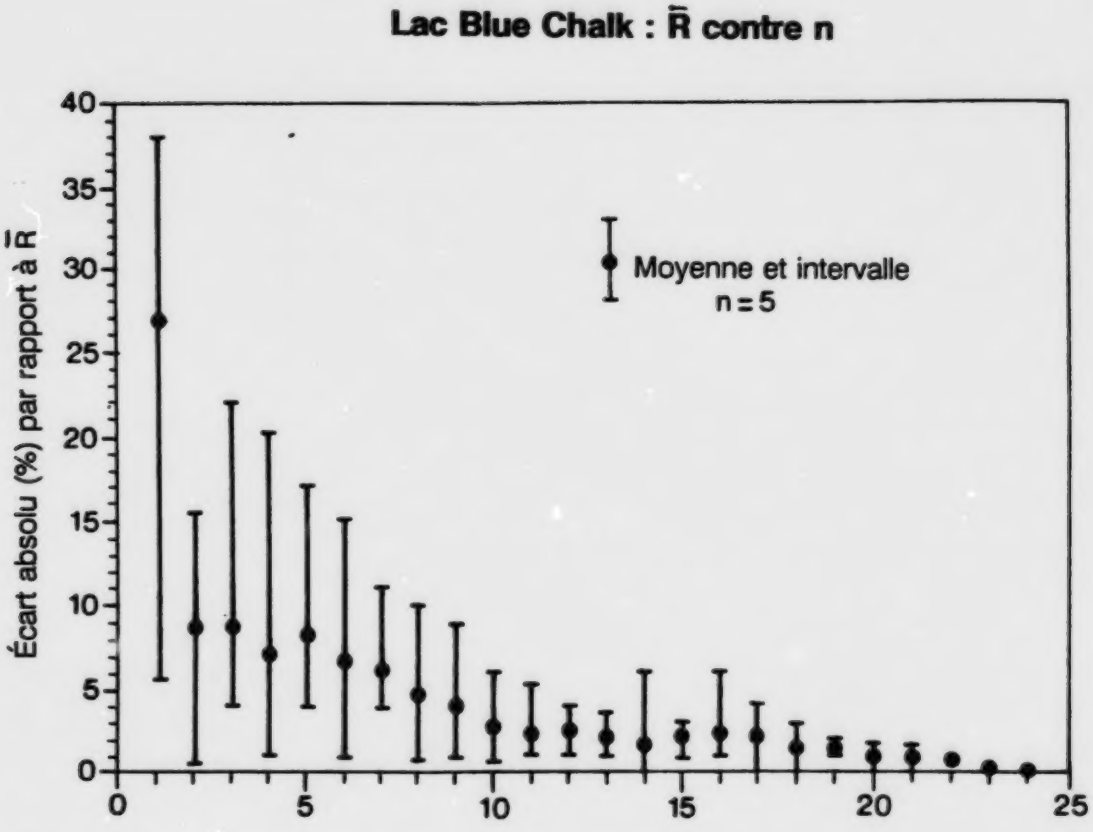

Figure 8.2.1 Influence de la fréquence d'échantillonnage sur les estimations de la richesse moyenne ($\bar{R}$) du zooplancton. Source : Yan (1986)

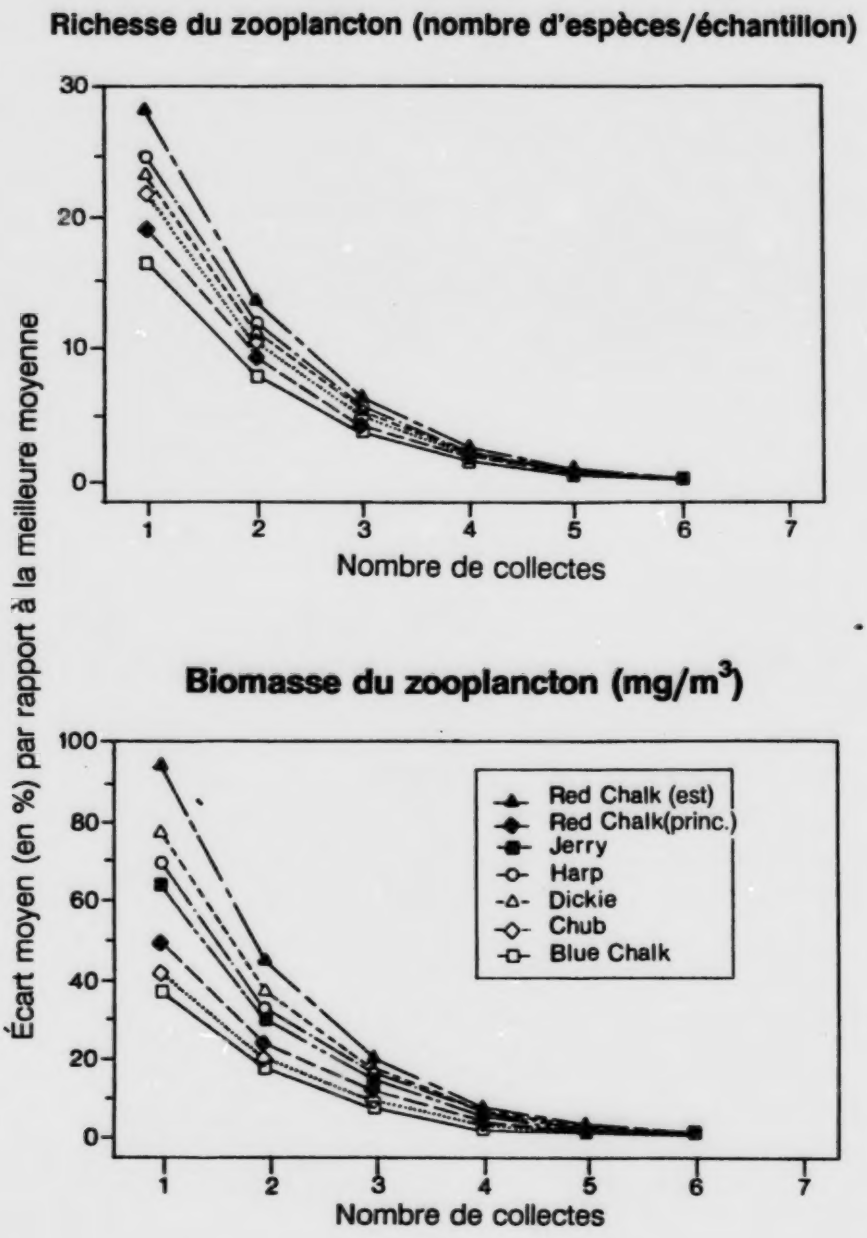

Figure 8.2.2 Taille du sous-ensemble susceptible de réduire au minimum la variabilité de la richesse et de la biomasse du zooplancton. (Source : Yan et Stokes 1989)

TABLEAU 8.2.4a

Nombre d'échantillons d'eau requis chaques année d'un réseau de lacs pour garantir leur représentativité (Source : Brooksbank et al., 1989)

Nombre d'échantillons d'eau requis chaques année d'un réseau de lacs pour repérer une modification des niveaux d'alcalinité et de sulfates avec un seuil de confiance de 95 %, de 90 % et de 80 %.

Seuil de confiance	Accroissement (mg/L) de l'alcalinité			Accroissement (mg/L) des sulfates		
	0.5	1	1,5	0,5	1	1,5
Sud de la Nouvelle-Écosse (N = 88)						
95	39	10	5	61	16	7
90	33	9	4	51	13	6
80	26	7	3	40	10	5
Terre-Neuve (N = 70)						
95	76	19	9	120	30	14
90	53	14	6	84	21	10
80	33	9	4	51	13	6

TABLEAU 8.2.4b

Concentration mensuelle moyenne des sulfates (SO_4^{2-} mg/L) du lac Laflamme (Source : Brooksbank et al., 1989)

	1981			1982			1983		
Mois	N	Moy.	Écart-type	N	Moy.	Écart-type	N	Moy.	Écart type
Janvier	4	4.375	0.395	4	3.475	0.457	4	4.350	0.100
Février	4	4.050	0.580	4	3.450	0129	4	4.300	0.082
Mars	5	7.400	1.742	5	3.480	0.227	5	4.180	0.249
Avril	4	4.975	0.299	4	3.650	0.370	4	4.225	0.499
Mai	4	6.050	0.173	4	3.500	0.271	5	3.600	0.200
Juin	5	6.020	0.110	5	3.840	0.378	4	3.825	0.330
Juillet	4	4.500	1.158	4	4.150	0.342	4	4.325	0.275
Août	5	3.860	0.089	5	3.600	0.200	5	4.020	0.277
Septembre	4	3.525	0.150	4	3.375	0.050	4	4.050	0.173
Octobre	4	3.400	0.231	4	3.450	0.058	4	3.950	0.238
Novembre	4	3.525	0.310	5	4.200	0.200	5	3.760	0.230
Décembre	5	3.500	0.316	4	4.600	0.377	4	4.200	0.516

TABLEAU 8.2.4c

Concentration mensuelle moyenne de l'alcalinité ($CaCO_3$ mg/L) du lac Laflamme (Source : Brooksbank et al., 1989)

Mois	1981			1982			1983		
	N	Moy.	Écart type	N	Moy.	Écart type	N	Moy.	Écart type
Janvier	4	6.275	0.189	4	8.325	0.419	4	5.950	0.645
Février	4	5.100	3.030	4	9.025	0.457	4	6.750	0.351
Mars	5	4.120	2.402	5	9.180	0.766	5	7.340	0.760
Avril	3	5.733	1.537	8	8.275	1.022	4	6.500	0.990
Mai	4	3.875	1.034	4	4.875	1.053	5	4.120	0.622
Juin	5	2.280	0.835	5	4.500	0.406	4	3.625	0.472
Juillet	4	2.375	0.640	4	4.725	0.250	4	3.825	0.472
Août	4	3.025	0.350	5	5.300	0.745	4	4.675	0.492
Septembre	4	4.600	0.497	3	4.967	0.751	4	5.000	0.346
Octobre	4	5.175	0.550	4	5.950	0.252	4	5.125	0.096
Novembre	4	5.200	0.668	5	4.580	0.973	5	5.540	0.404
Décembre	5	7.520	0.432	4	5.375	0.550	4	6.425	0.287

TABLEAU 8.2.5

VARIABILITÉ SPATIALE DU SESTON DANS LE LAC RED CHALK (Yan, 1986)

	Concentration de seston (mg/m^3)						
	1	2	3	4	5	*F* Ratio	C.V. %
9 juin	69[a]	81	105	82	76	3.27	16
21 juillet	139	127	113	115	101	5.66**	12
28 juillet	118	106	118	111	84[b]	2.10	13
5 août	136	131	127	130	131	0.50	10
12 août	126	116	113	125	133	0.62	7
25 août	85	81	73	82	91	1.48	8
8 septembre	63	78	77	75	82	1.24	10
22 septembre	108	121	123	158	151	4.43*	16
5 octobre	109	107	107	102	101	1.16	3
23 octobre	129	149	165	172	--	4.46*	8
11 novembre[c]	236	245	226	221	280	13.24**	10
Moyenne	108.2	109.7	112.1	115.2	105.0		

[a]Échantillon double, mais triple aux autres stations.
[b]Valeur supprimée de l'analyse de variance d'une variance hétérogène.
[c]Les valeurs élevés du 11 novembre sont doute attribuables à une remise en suspension des sédiments du fond après le brassage automnal. Ces valeurs ne sont pas incluses dans la moyenne.

Moyenne arithmétique (>76 μm) des concentrations de seston provenant d'un triple prélèvement à chacune des cinq stations (1-5) dans le lac Red Chalk en 1981. Les coefficients *F* des analyses de variance unilatérales sont indiqués. Les astérisques simples et doubles indiquent des effets signicatifs pour une station lorsque $P = 0,05$ et 0,01 respectivement. Le coefficient de variation (C.V.) des moyennes des stations est également donné.

8.2.5 RÉFÉRENCES

AGEMIAN, H. 1988. Quality Assurance in the National Water Quality Laboratory. Environment Canada, National Water Quality Laboratory, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario. 104 p.

ARSENEAULT, R. et HOWELL, G. 1985. Field Quality Control/Quality Assurance Program Results of 1984/85 Sequential Triplicate Sampling. Environment Canada. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Atlantic Region, Moncton, New Brunswick. Report No. IWD-AR-WQB-85-78.

ARSENEAULT, R. et HOWELL, G. 1987. Water Quality Branch Atlantic Region Field Quality Assurance/Quality Control Program. Version 2. Environment Canada. Inland Waters/Lands Directorate, Conservation and Protection, Water Quality Branch. Atlantic Region, Moncton, New Brunswick. Report No. IW/L-AR-WQB-87-126.

BERRYMAN, D. 1984. Caractéristiques Statistiques des Séries Temporelles du Lac Laflamme et Incidences sur l'Operation du Réseau TADPA de Détection de Tendances dans l'Acidification des Eaux de Surface. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, région du Québec. 41 p. 3 annexes.

BOBÉE, B., M. LACHANCE, J. HAEMMERLI, A. TESSIER, J.Y. CHARETTE et J. KRAMER. 1983. Évaluation de la Sensibilité à l'Acidification des Lacs du Sud du Québec et Incidences sur le Réseau d'Acquisition de Données.-- DGEI-Q, Environnement Canada, 198 p., 4 annexes, 1 appendice.

BOBÉE, B., HAEMMERLI, J. et LACHANCE, M. 1986. Méthodologie d'élaboration d'un réseau d'échantillonnage: application à la conception d'un réseau de detection de tendances dans l'acidification des eaux de surface du Québec. Integrated Design of Hydrological Networks. Proceedings of the Budapest Symposium, Juillet 1986. IAHS Publ. No 158.

BROOKSBANK, P., HAEMMERLI, J., HOWELL, G. AND JOHNSTON, L. 1989. Long Range Transport of Airborne Pollutants (LRTAP) Aquatic Effects Monitoring. Environment Canada. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Ontario. Technical Bulletin No. 156. 43p.

BRUNSKILL, G.J. AND SCHINDLER, D.W. 1971. Geography and bathymetry of selected lake basins, Experimental Lakes Area, Northwestern Ontario. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 28: 139-155.

BULLETIN OF THE BUFFALO SOCIETY OF NATURAL SCIENCES 1981. Proceedings of the Conference on Changes in the Biota of Lakes Erie and Ontario. (R. Cap and V.R. Frederick Jr. eds.) Vol 25(4): 41-107.

CAMPBELL P., et al., 1985. "Final Report: Analytical Methodology Working Group". A report to the RMCC Quality Assurance Subgroup.

CHEAM, V., CHAU, A.S.Y. AND TODD, S. 1984. Sulphate in Coloured Waters: Investigation on Methodologies, Data Reliability and Approaches to Salvage Historical Colourimetric Data. Analytical Methods Division, National Water Research Institute, Burlington, Ontario. NWRI Report. Contribution No. 85-95.

CLAIR, T.A. AND KOMADINA, V. 1984. Aluminum Speciation in Waters of Nova Scotia and their Impact on WQB Analytical and Field Methods. Environment Canada, Inland Waters Directorate, Atlantic Region, Water Quality Branch, Moncton N.B. IWD-AR-WQB-84-69.

CLAIR, T.A., LOCKERBIE, D.M., BAILEY, H.S., ARSENEAULT, R.A., BINGHAM, R.A., AND BRUN, G.L. 1986. A Basic Course in Water Quality Sampling. Environment Canada, Water Quality Branch, Atlantic Region, Moncton, New Brunswick. Technical Report IWD-AR-WQB-86-106.

DILLON, P.J., NICHOLLS, K.H., SCHEIDER, W.A., YAN, N.D. AND JEFFRIES, D.S. 1986. Lakeshore Capacity Study - Trophic Status. Ontario Ministry of Municipal Affairs. Research and Special Projects Branch.

DUPONT, J. 1986. Évolution Spatiale et Temporelle de l'Acidité de 14 Lacs de la Région de Portneuf pour la Période 1982-1983. Ministère de l'environnement du Québec, Direction Rélèves Aquatiques, Québec.

DUPONT, J. 1988. État de l'Acidité des Lacs de la Région Hydrographique de l'Outaouais, Ministère de l'Environnement du Québec, Rapport No. PA-29, 99 p.

DUPONT, J. 1989. Etat de l'Acidité des Lacs de la Région Hydrographique de la Mauricie, Ministère de l'Environnement du Québec. Report No. PA-33. 84 p.

DUPONT, J. IN PRESS. Extent of acidification in Southwestern Quebec lakes. Submitted to Journal of Environmetrics.

DUPONT, J. AND GRIMARD, Y. 1988. SIGMA/SLAM: System for Lake Acidity Management. Ministère de l'Environnement du Québec, Report No. PA-27a, 80 p.

DUPONT, J. AND GRIMARD, Y. 1989. A simple dose-effect model of lake acidity in Quebec (Canada). Water, Air and Soil Pollution, 44: 259-272.

ENVIRONMENT CANADA 1972. Instruction for Taking and Shipping Water Samples for Physical and Chemical Analyses. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Ottawa, Ontario.

ENVIRONMENT CANADA 1973. Instructions for Taking and Shipping Water Samples for Physical and Chemical Analyses, 2nd Edition., Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Ottawa, Ontario.

ENVIRONMENT CANADA 1974. Analytical Methods Manual. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Ottawa.

ENVIRONMENT CANADA 1979. Analytical Methods Manual. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Ottawa, Ontario.

ENVIRONMENT CANADA 1981. Analytical Methods Update. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Ontario.

ENVIRONMENT CANADA 1983. Sampling for Water Quality. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Ottawa, Ontario.

ENVIRONMENT ONTARIO 1980. Quality Control Report - Water Quality Section. Laboratory Services Branch, Rexdale, Ontario.

ENVIRONMENT ONTARIO 1983. Handbook of Analytical Methods for Environmental Samples. Laboratory Services and Applied Research Branch, Rexdale, Ontario. December 1983.

ENVIRONMENT ONTARIO 1984. 1982-1984 Performance Report -- Water Quality Section. Volumes I and II. Laboratory Services Branch, Rexdale, Ontario.

ENVIRONMENT ONTARIO 1985. Quality Assurance Management Plan. Laboratory Services Branch, Rexdale, Ontario.

ENVIRONMENT ONTARIO 1986. 1985 Performance Report, Water Quality Section. P. Campbell (ed.), Water Quality Section, Laboratory Services Branch, Rexdale, Ontario.

ENVIRONMENT ONTARIO 1987. 1986 Performance Report, Water Quality Section. W. Wright (ed.), Water Quality Section, Laboratory Services Branch, Rexdale, Ontario.

ENVIRONMENT ONTARIO 1986. Quality Assurance Policy and Guidelines. Laboratory Services Branch, Rexdale, Ontario.

ENVIRONMENT ONTARIO 1988. Acid Sensitivity of Lakes in Ontario. Acid Precipitation Coordination Office, Toronto, Ontario. 26 p.

ENVIRONMENT ONTARIO 1989a. 1987 Performance Report -Water Quality Section. M. Zanette (ed.) Water Quality Section, Laboratory Services Branch, Rexdale, Ontario. January 1989. 400 p.

ENVIRONMENT ONTARIO 1989b. 1988 Performance Report -Water Quality Section. M. Zanette (ed.). Water Quality Section, Laboratory Services Branch, Rexdale, Ontario. May 1989. 401 p.

GASKIN, J.E. 1988a. Quality Assurance Guidelines and Principles for the Handling and Management of Water Quality Data. Environment Canada, Conservation and Protection, Inland Waters and Lands, Water Quality Branch. Hull/Ottawa. 175 p.

GASKIN, J.E. 1988b. Quality Assurance Principles and Guidelines for Water Quality Sampling. Environment Canada, Conservation and Protection, Inland Waters and Lands, Water Quality Branch. Hull/Ottawa. 136 p.

GREEN, P., FREEDMAN, B., FIELD, C., HAMILTON, D., AND STEWART, C. 1986. Analysis of Water Chemistry Data for Rivers in Atlantic Canada. Environment Canada. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Atlantic Region, Moncton, New Brunswick. Report No. IWD-AR-WQB-86-115.

HAEMMERLI, J. 1988. Réseau TADPA - Québec Banque de Données Physico-chimiques 1983-1988. Environment Canada, 25 pp.

HAEMMERLI,J., BOBÉE,B. AND LACHANCE, M. 1985. Elaboration of a network for the detection of trends in acidification of Quebec surface waters. Paper presented at the Workshop on the statistical aspects of water quality monitoring, held at CCIW, Burlington, October 1985.

HERCZEG, A.L., BROEKER, W.S., ANDERSON, R.F., SCHIFF, S. AND SCHINDLER, D.W. 1985. A new method for monitoring temporal trends in the acidity of fresh waters. Nature 315:133-135.

HOWELL, G. 1986. Water Quality Characterization of 78 Acid Precipitation Monitoring Lakes in Atlantic Canada. Environment Canada. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Atlantic Region, Moncton, New Brunswick. Report No. IWD-AR-WQB-86-109.

HOWELL, G. AND BROOKSBANK, P. 1987. An Assessment of LRTAP Acidification of Surface Waters in Atlantic Canada. Environment Canada. Inland Waters/Land Directorate, Water Quality Branch. Atlantic Region, Moncton, New Brunswick. IW/L-AR-WQB-87-121.

HOWELL, G.D. AND POLLOCK, T.L. 1985. Sulphate, water colour and dissolved organic carbon relationships in organic waters of Atlantic Canada. Statistical Aspects of Water Quality Monitoring. Proceedings of the Workshop held at the Canada Centre for Inland Waters October 7-10, 1985. Elsevier, New York. 1986.

JEFFRIES, D.S., MORRISON, I. AND KELSO J.R.M. IN PRESS. The Turkey lakes watershed study. Proceedings of the Canadian Hydrological Symposium, Banff, Alta.

JEFFRIES, D.S., SEMKIN, R.G., NEUREUTHER, R., AND JONES, M.D. 1983. Data Report: Major Ion Composition of Lakes in the Turkey Lakes Watershed (January 1980-May 1982). Turkey Lakes Watershed Unpublished Report No. 83-11 9 p.

JEFFRIES, D.S., AND ZIMMERMAN, A.P. 1980. Comments on the analysis and sampling of low conductivity natural waters for alkalinity. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37:901-902.

KELSO, J.R.M., MINNS, C.K., GRAY, J.E. AND JONES, M.L., 1986. "Acidification of Surface Waters in Eastern Canada and its Relationship to Aquatic Biota." Can. Spec. Publ. Fish Aquat. Sci., 87: 42p.

KEREKES, J. 1973. Aquatic Resources Inventory Kejimkujik National Park, N.S. Part 5. Chemical Composition of Lake and River Waters. Environment Canada. Canadian Wildlife Service, Halifax, Nova Scotia. 70 p.

KEREKES, J. AND SCHWINGHAMMER, P. 1975. Aquatic Resouces Inventory, Gros Morne National Park, Newfoundland. Part 4. Selected Limnological Measurements in 43 Lakes and 72 Streams. Environment Canada. Canadian Wildlife Service, Halifax, Nova Scotia, 49 p.

LACHANCE, M., BROUARD, D. AND WALSH, G. 1988. Airborne transport of sulphur: Impacts on chemical composition of rivers on the North Shore of the St. Lawrence River (Quebec). Water, Air and Soil Pollution, 39: 311-322.

LAZERTE, B., CHUN, C., EVANS, D. AND TOMASSINI, T. 1988. Measurement of Aqueous Aluminum Species: Comparison of Dialysis and Ion-Exchange Techniques. Environmental Science and Technology. 22: 1106-1108.

LETTENMAIER, D.P. 1977. Detection of Trends in Stream Quality: Monitoring Network Design and Data Analysis. Harris Hydraulics Laboratory, Technical Report No. 51, Dept. of Civil Engineering, University of Washington.

LOCKE, B.A. 1985. Quality Assurance Management Programme for the Limnology Unit, Dorset Research Centre. Environment Ontario, Environment, Water Resources Branch, Limnology Section, Dorset, Ontario. Data Report 85/4.

LOCKE, B.A. 1989. Quality Control Data Report for Limnology, Dorset Research Centre. Environment Ontario, Water Resources Branch, Dorset, Ontario. Data Report.

LOCKE, B.A. AND deGROSBOIS, E.1986. Meteorological Data Base for the Muskoka/Haliburton Area. Environment Ontario, Water Resources Branch, Limnology Section, Dorset, Ontario. Data Report DR 86/5.

LOCKE, B.A. AND SCOTT, L.D. 1986. Studies of Lakes and Watersheds in Muskoka-Haliburton, Ontario: Methodology (1976-1985). Environment Ontario, Water Resources Branch, Limnology Section, Dorset, Ontario. Data Report DR 86/4.

McQUAKER, N.R., YAN, N., MACHELL, J. AND JEFFRIES, D. 1983. Precipitation and surface waters: Recommended methods for sampling and site selection. Proc. LRTAP Analysts Workshop, Oct 19, 20, 1983, Toronto.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC 1982. Guide d'information sur l'analyse physique, chimique, biologique et bactériologique des milieux environnementaux. Direction des laboratoires, 153 p.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC 1986. Manuel de l'assurance de qualité: chimie. Direction des laboratoires, 153 p.

MOODY, R. 1983. Protocol for Quality Control in the Water Quality Section. Laboratory Services Branch, Environment Ontario, Rexdale, Ontario.

NICHOLLS, K. 1978. *Chrysochromulina Breviturrita* sp. Nov. a new freshwater member of the prymnesiophyceae. Journal of Phycology, 14: 499-505.

NICHOLLS, K. 1979. A simple tubular phytoplankton sampler for vertical profiling in lakes. Freshwater Biology, 9: 85-89.

NICHOLLS, K. 1980. A Reassessment of *Chrysosphaerella longispina* and *C. multispina* and a revised key to related genera in the synuraceae (Chrysophyceae). Plant Systematics and Evolution, 135: 95-106.

NICHOLLS, K. 1984a. Eight Chrysophyceae new to North America. Phycologia, 23: 213-221.

NICHOLLS, K. 1984b. *Spiniferomonas septispina* and *S. enigmata*, Two new algal species confusing the distinction between *spiniferomonas* and *chrysosphaerella* (Chrysophyceae). Plant Systematics and Evolution, 148: 103-117.

PETERSON, R.H., TOWNSEND, D. AND MARTIN-ROBICHAUD, D.T., 1986. Water Chemistryof 145 New Brunswick and Nova Scotia Headwater Lakes. Can. Tech. Rep. Fish Aquat. Sci. 1195: 110p.

RYAN, P.M. AND KEREKES, J.J. 1989. Correction of relative fish abundance estimates from catch data for variable fishing intensity during lake surveys. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 46: 1022-1025.

SCHEIDER, W., ADAMSKI, J. AND PAYLOR M. 1975. Reclamation of Acidified Lakes Near Sudbury, Ontario. Environment Ontario, Water Resources Branch. 129 p.

SCHEIDER, W.A., REID, R.A., LOCKE, B.A. AND SCOTT, L.D. 1983. Studies of Lakes and Watersheds in Muskoka-Haliburton, Ontario: Methodology (1976-1982). Environment Ontario, Water Resources Branch, Limnology Section, Dorset, Ontario. Data Report DR 83/1.

SCHINDLER, D.W. 1980. Evolution of the Experimental Lakes project. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37:313-319.

SCHINDLER D. W. 1969. Two useful devices for vertical plankton and water sampling. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 26(7): 1948-1955.

SCHOLER, P.J., DILLON, P.J., LAZERTE, B.D. AND DEVITO, K.J. 1990 "Survey design for assessing the sensitivity of lakes to acid deposition," Environment Ontario, Doreset Research Centre, Limnology Section.

SCRUTON, D.A. 1983. A Survey of Headwater Lakes in Insular Newfoundland with Special Reference to Acidic Precipitation. Can. Tech. Rep. Fish Aquat. Scl. 1195: 110p.

SEMKIN, R.G., JEFFRIES, D.S., NEUREUTHER, R. AND SEYMOUR, M.D. 1987. Data Report: Major Ion Composition and Instantaneous Discharge of Stream Waters in the Turkey Lakes Watershed. Jan. 1980 to May 1986. National Water Research Institute Contribution #88-03 4 p.

SIMONIN, H.A. AND DUPONT, J. 1986. A Water Chemistry Comparison of Several Quebec and New York Lakes in Relation to Acidification. New York State Department of Environmental Conservation, New York and Ministère de l'Environnement du Québec. 88 p.
STAINTON, M.P. 1980. Errors in molybdenum blue methods for determining orthophosphate in freshwater. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37:472-478.

THOMAS, J.F.J., 1953. Scope, Procedure and Interpretation of Survey Studies. Industrial Water Resources of Canada, Water Survey Report No.1., Canada Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa.

THOMAS, J.F.J., 1960. The Atlantic Provinces and the Saint John River Drainage Basin in Canada 1954-56. Industrial Water Resources of Canada, Water Survey Report No. 11., Queen's Printer, Ottawa.

TREMBLAY, S. 1989. Effets de l'acidité sur les communautés piscicoles du nord de la Mauricie. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité du milieu aquatique, Rapport no. PA-34, 70 p.

WALSH, G., VERREAULT, G. et VIGNEAULT, Y. 1987. Acidification minérale et organique des rivières de la Côte-Nord (Golfe du Saint-Laurent). Naturaliste Canadien. 114: 269-282.

YAN, N.D. 1979. Phytoplankton community of an acidified heavy metal-contaminated lake near Sudbury, Ontario: 1973-1977. Water, Air and Soil Pollution, 11: 43-55.

YAN, N.D. 1986. Empirical prediction of crustacean zooplankton biomass in nutrient-poor Canadian shield lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 43(4): 788-796.

YAN, N.D., GIRARD, R., GEILING, W. AND PAWSON, T. 1988. Sampling frequency and zooplankton richness -- Implications for biomonitoring programs. Paper presented at the Society of Canadian Limnology. Annual Conference. Ottawa, Ontario. Jan. 1988.

YAN, N.D. AND STOKES, P. In Press. The impoverishment of aquatic smelter activities near Sudbury, Canada. In: The Earth In Transition - Patterns and Processes of Biotic Impoverishment. G.M. Woodwell (ed.), Cambridge University Press.

YAN, N.D, AND STRUS, R. 1980. Crustacean zooplankton communities of acidic, metal-contaminated lakes near Sudbury, Ontario. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 37(12): 2282-2293.

8.3 APERÇU GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DE L'ATMOSPHÈRE

8.3.1 INTRODUCTION

De la fin des années 70 à la fin des années 80, les recherches atmosphériques sur le transport à grande distance des polluants atmosphériques se sont concentrées sur trois aspects : le transport, la transformation et les dépôts. Les travaux de loin les plus nombreux ont porté sur l'analyse des éléments chimiques des précipitations régionales et sur la mesure des dépôts humides. A cet égard, l'administration fédérale et la plupart des administrations provinciales ont établi et exploité, dans leur champ de compétence respectif, des réseaux de surveillance des dépôts humides. Les noms de ces réseaux et des organismes qui les ont créés ainsi que leur durée d'exploitation figurent au tableau 8.3.1. Il y a eu également des travaux importants dans d'autres domaines, tels la composition chimique de l'atmosphère dans les régions, les dépôts secs, les dépôts humides brouillard/nuages, mais ils ont été moins nombreux que ceux qui ont été consacrés aux réseaux de mesure des dépôts humides.

Pendant toute la décennie, les responsables canadiens des réseaux de mesure de l'atmosphère et des précipitations ont publié de nombreux articles, rapports et comptes rendus de conférences. Ces publications englobaient des études sur la répartition spatiale et temporelle des dépôts humides au Canada, sur le transport et la transformation dans l'atmosphère des substances acides ainsi que sur les effets des précipitations acides en milieu terrestre et aquatique. D'autres recherches ont également porté sur la composition chimique des nuages, sur la dispersion à grande distance, sur les dépôts humides des brouillards et des nuages, sur la production d'ozone et sur la vérification de modèles de transport à grande distance.

Avec l'accroissement des recherches atmosphériques au cours de la décennie, on a vu croître également les préoccupations au sujet de la qualité de ces recherches. C'est pour répondre à ces préoccupations que les programmes d'assurance et de contrôle de la qualité sont devenus un volet essentiel des programmes de recherches sur l'atmosphère. On trouvera dans ce chapitre une analyse et un résumé des programmes d'assurance de la qualité les plus importants de la décennie. L'accent est nécessairement mis sur l'assurance de la qualité des mesures de dépôts humides (notamment dans les réseaux) puisque la recherche a surtout porté sur cet aspect et que la plupart des publications qui traitent de l'assurance de la qualité concernent les dépôts humides.

8.3.2 HISTORIQUE DES PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DE L'ATMOSPHERE

À la fin des années 70 et dans les années 80, avec la multiplication des recherches atmosphériques, l'assurance de la qualité est devenu un élément reconnu et essentiel dans la plupart des programmes de recherche. L'une des premières réalisations dans ce domaine a été l'élaboration et la publication de critères de sélection des sites pour la surveillance des dépôts humides. De tels critères sont d'abord apparus en 1980 dans le réseau du programme ontarien ÉPAO (Vet, 198), puis en 1982, dans l'ensemble des réseaux canadiens (McQuaker et al., 1982). McQuaker et al. (1982) ont fait une autre contribution importante dans le domaine de l'assurance de la qualité en recommandant des méthodes acceptables de prélèvement, de manipulation et d'analyse des échantillons de dépôts humides. En 1986, Sandberg et al. (1986) ont publié une étude semblable sur les échantillons de neige.

Parmi les autres activités de la décennie reliées à l'assurance de la qualité, mentionnons:

- Réaménagement de plusieurs réseaux de surveillance des dépôts acides, fédéraux et provinciaux, afin d'améliorer la situation des sites et leur exploitation. Par exemple, en 1983, transformation du Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations (RCEP) et du réseau de surveillance de l'air et des précipitations (RSAP) d'Environnement Canada en un réseau amélioré, le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCEPA) (voir Vet et al., 1983); amélioration des sites de surveillance du Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec (Grimard, 1984).

- Élaboration et mise en vigueur de programmes officiels d'assurance de la qualité dans les réseaux de surveillance des dépôts; par exemple, dans les réseaux ÉPAO (Bardswick, 1984; CSC, 1985), RCEPA (Vet et Onlock, 1983), NBDMA&E au Nouveau-Brunswick ainsi que CBA (Chimie du brouillard en altitude (EAG, 1987). Mills (1986) a également mis au point un programme général de gestion de la qualité destiné aux programmes de recherche canadiens du TGDPA (Mills, 1986).

- Mise sur pied d'études comparatives entre les réseaux fédéraux et provinciaux ainsi qu'entre les réseaux canadiens et américains. Ces études comprennent des comparaisons des instruments (Chan et al., 1984; Vet et Onlock, 1981) et des réseaux (Vet et al., 1981; Begelow et al., 1984; Vet, 1988).

- Réalisation d'études comparatives entre les laboratoires fédéraux, provinciaux et américains participant aux recherches sur les dépôts humides et secs (voir section 8.5).

- Mise au point de méthodes normalisées pour : (1) le calcul des dépôts humides à partir des données sur la composition chimique des précipitations, et (2) l'évaluation de la représentativité des mesures de dépôts humides à partir de statistiques sur l'intégralité des données et du niveau de représentativité des sites (UDDBC, 1985).

Les activités ci-dessus se sont ajoutées aux activités courantes d'assurance et de contrôle de la qualité qui touchaient la plupart des programmes de mesure. La sous-section suivante décrit les résultats les plus significatifs de ces activités.

TABLEAU 8.3.1
RÉSEAUX DE SURVEILLANCE DES DÉPOTS HUMIDES AU CANADA

NOM DU RÉSEAU		NOMBRE D'ANNÉES EN EXPLOITATION
RCEP	Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations	1977-1983
RSAP	Réseau de surveillance de l'atmosphère et des précipitations	1978-1983
RCEPA	Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air	1983-
BCPCSN	British Columbia Precipitation Chemistry Sampling Network	1984-
APQMP	Alberta Precipitation Quality Monitoring Program	1978-
MAPMIN	Manitoba Acid Precipitation Monitoring Network	1984-1986
ÉPAO-C	Étude sur les précipitations acides en Ontario - réseau d'analyse globale (Réseau cumulatif)	1980-
ÉPAO-D	Étude sur les précipitations acides en Ontario- réseau d'analyse quotidienne (Réseau quotidien)	1980-
REPQ	Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec	1981-
RPNB	Réseau des précipitations du Nouveau-Brunswick	1981-
NPMN	Newfoundland Precipitation Monitoring Network	1987-
RSPE	Réseau du Service de la protection de l'environnement	1981-
GLPN	Great Lakes Precipitation Network	1969-

8.3.3 RÉSULTATS DES PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DE L'ATMOSPHÈRE

Les programmes d'assurance de la qualité touchent cinq éléments fondamentaux, soit la justesse, la fidélité, l'intégralité, la représentativité et la comparabilité. Les pages qui suivent décrivent les principaux résultats AQ/CQ obtenus depuis dix ans par rapport à ces cinq éléments.

8.3.3.1 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À LA JUSTESSE

La justesse se définit comme le degré de concordance entre une mesure et une valeur acceptée ou réelle (USEPA, 1980). Malheureusement, la plupart des programmes AQ reliés aux recherches atmosphériques ne peuvent quantifier la justesse réelle d'une méthode de mesure, tout simplement parce que les valeurs réelles des précipitations et de la composition chimique de l'atmosphère sont inconnues et non mesurables. A défaut de telles valeurs, la plupart des programmes tentent de quantifier la justesse d'éléments particuliers de la méthode de mesure. Ainsi, dans les programmes de mesure des dépôts humides, on ne peut évaluer la justesse réelle des mesures, mais il est possible de déterminer la justesse (ou l'inexactitude) d'éléments particuliers de la méthode, comme les effets de l'évaporation et de la contamination par voie sèche.

La recherche la plus approfondie sur la justesse d'un élément a été effectuée au début des années 80 par Environnement Ontario (Chan et al., 1985). Elle a démontré que, sur des périodes d'échantillonnage de 28 jours, les pertes par évaporation des précipitations du programme ÉPAO étaient généralement inférieures à 10 % et que les effets de la contamination par voie sèche (causée par l'apport de substances sèches) atteignaient jusqu'à 11 % pour le calcium et 31 % pour le magnésium. Quant à la contamination sèche causée par H^+, par les sulfates et par les nitrates, elle s'est révélée très faible.

Dans une autre étude, Chan et al. (1983) ont examiné les erreurs des mesures de dépôts humides dûes à l'absorption/désabsorption des métaux sur les parois des collecteurs. Ils ont constaté que les nouveaux sacs de polyéthylène utilisés pour la collecte des échantillons des précipitations ne provoquent pas la désabsorption des traces de métaux (passant des parois du sac à la solution), mais l'absorption (par dissolution) de quantités mesurables (app. 20 %) de Al et de Zn en une journée et de larges quantités de Cd, Fe, Cu, Zn et Al (de 26 à 47 %) en 28 jours. L'effet net de cette absorption était de produire une erreur négative dans les résultats des mesures. Le lessivage des substances acides pour évaluer la quantité de substances absorbées aide à corriger cette erreur.

Enfin, Bardswick et al. (1986) ont analysé les erreurs des mesures des dépôts humides du réseau ÉPAO imputables à la manutention des échantillons sur le terrain et en laboratoire. Ils ont constaté une contamination par voie sèche négligeable des échantillons quotidiens pour toutes les substances, à l'exception du Cl^-, K^+, Ca^{++} et Na^+ qui présentaient une légère contamination d'environ 15 % dans les essais à blanc sur le terrain. En suivant le cheminement des analyses sur le terrain et en laboratoire, Bardswick et al. ont aussi constaté une instabilité chimique et une dégration des échantillons de concentration connue.

Au laboratoire même, McQuaker (1986) a analysé la justesse de diverses méthodes de mesure de l'acidité et de l'alcalinité des précipitations. Il en est venu à la conclusion que l'alcalinité pouvait être assez bien déterminée au moyen de diverses méthodes,

notamment le titrage de Gran, une méthode d'extrapolation et le titrage au point d'inflection. Il a également constaté que l'acidité totale ne devait pas être mesurée par la méthode de titrage de Gran sauf dans des conditions précises. McQuaker et Sandberg (1988) ont poussé ces recherches plus loin en définissant des limites de contrôle acceptables pour le titrage de Gran et le bilan ionique des échantillons de précipitations.

En résumé, il y a eu au cours de la dernière décennie de nombreuses études dans le domaine de l'assurance de la qualité pour évaluer la justesse des méthodes de mesure des dépôts humides. Ces études ont permis de quantifier diverses erreurs et elles ont entraîné l'adoption de méthodes de mesure capables de réduire ces erreurs.

8.3.3.2 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À LA FIDÉLITÉ

La fidélité se définit comme le niveau de concordance entre des mesures individuelles d'une propriété, déterminées habituellement dans des conditions similaires et prédéfinies (USEPA, 1980). Au cours de la décennie, les chercheurs de deux réseaux de mesures quotidiennes des dépôts humides (ÉPAO et RCEPA) ont évalué la fidélité de leurs mesures chimiques des précipitations en plaçant deux collecteurs sur plusieurs sites. Les résultats figurent au tableau 8.3.2. À noter que les résultats des deux réseaux ne sont pas exprimés avec la même formule mathématique.

Le tableau 8.3.2 montre que les pourcentages de fidélité sont les mêmes dans les deux réseaux. Ainsi, le degré de fidélité du pH, du SO_4^{2-} et du NO_3^- était très bon (généralement en deçà de 6 %) tandis que celui du Na^+, du Cl^-, du Ca^{++} et du Mg^{++} variait de moyen à faible (en deçà de 20 %). La fidélité s'est révélée parfaite dans le cas de plusieurs substances, ce qui est un résultat artificiel dû au fait que la fidélité d'un laboratoire est à peu près égale à l'ensemble de ses mesures de la fidélité.

L'utilisation de deux instruments sur un même site pour mesurer la fidélité globale est maintenant courante dans plusieurs réseaux canadiens, notamment RCEPA, ÉPAO et REPQ. Au milieu de l'année 88, RCEPA et ÉPAO ont aussi commencé à utiliser cette méthode de «pairage» pour leur réseau d'analyse chimique de l'atmosphère (ensemble de filtres).

8.3.3.3 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À LA COMPARABILITÉ

La comparabilité se définit comme la confiance qu'une série de données peut être comparée avec une autre (USEPA, 1980). Elle est souvent considérée sous l'angle d'une «exactitude relative» ou d'une erreur systématique entre des méthodes similaires de mesure. Au cours de la dernière décennie, beaucoup d'études de l'assurance de la qualité ont porté sur la comparabilité des mesures (plutôt que sur leur justesse) parce que cet élément se mesure facilement et qu'il est très important lorsqu'on réunit des séries de données provenant de différents réseaux.

TABLEAU 8.3.2
FIDÉLITÉ DES MESURES QUOTIDIENNES DE LA COMPOSITON CHIMIQUES DES PRÉCIPITATIONS DANS PLUSIEURS SITES RÉSEAUX RCEPA ET ÉPAO

Mesure	Fidélité en (%)				
	ÉPAO[a]			RCEPA[b]	
Profondeur de l'éch.	2.1,	3.2,	8.3	0.0,	3.7
pH (lab)	--	--	--	0.2,	0.2
Concentration de H^+ (lab)	6.9,	6.9	11.5	--	--
Concentration de SO_4^{2-}	2.7,	3.6,	5.8	2.5,	3.2
Concentration de NO_3^-	2.7,	3.1,	10.7	2.3,	2.2
Concentration de Cl^-	11.2,	12.2,	8.2	9.1,	7.7
Concentration de NH_4^+	5.6,	6.7,	3.2	3.1,	3.1
Concentration de Na^+	22.5,	13.9,	0.0	0.0,	0.0
Concentration de Ca^{++}	15.9,	11.4,	20.7	11.1,	5.6
Concentration de Mg^{++}	15.5,	0.0,	75.0	0.0,	0.0
Concentration de K^+	25.9,	22.5,	29.2	0.0,	0.0

a. 100 x médiane de $\frac{\text{écart absolu entre collecteurs pour l'échantillon}}{\text{concentration du seul échantillon}}$
Source : Chan et al. (1985).

b. 100 x 1.05 x $\frac{\text{(médiane de l'écart absolu entre les collecteurs)}}{\text{(médiane des concentrations moyennes des 2 collecteurs)}}$.
Source : Vet et Sirois (1987).

Au Canada, les études de comparabilité ont commencé au début des années 80. La première analysait le réseau ÉPAO en comparant les mesures mensuelles des dépôts humides avec des mesures similaires provenant des réseaux RCEP et GLPN (Vet et al., 1981). Les instruments d'échantillonnage d'ÉPAO ont été placés à côté de ceux de RCEP et GLPN sur dix sites de ces derniers. Les résultats de l'étude ont montré que les mesures du RCEP de SO_4^{2-}, NO_3^-, Na^+, Cl^-, Ca^{++}, Mg^{++} et K^+ étaient significativement plus élevées (seuil de signification de 95 %) que les mesures ÉPAO. Les écarts étaient attribuables à des pertes supérieures par évaporation ainsi qu'à la contamination par voie sèche des échantillons du RCEP; dans les deux cas, les couvercles non hermétiques des récipients des collecteurs étaient la cause des écarts. Sur une base annuelle, les mesures ÉPAO ne se sont pas révélées significativement différentes des mesures GLPN pour la plupart des ions principaux (sauf le pH); toutefois, des différences significatives apparaissaient entre les mesures d'été et d'hiver. À la suite de cette étude,

Environnement Ontario a décidé d'étendre le réseau ÉPAO à toute la province au lieu de compter sur les données des réseaux RCEP et GLPN.

Dans les années 80, on a entrepris plusieurs autres études de comparabilité, notamment les suivantes :

- Une étude comparative de trois ans (1981-1983) entre le réseau canadien RCEP et le réseau américain NADP (National Atmospheric Deposition Program). Pour cette étude, les collecteurs de dépôts humides des deux réseaux ont été placés ensemble sur trois sites canadiens et sur trois sites américains. Des résultats préléminaires semblent indiquer que les concentrations tendent systématiquement à être supérieures dans le réseau RCEP (Bigelow, 1984). Comme dans l'étude citée antérieurement, cet écart résulterait de la contamination par voie sèche des collecteurs du réseau.

- Une étude comparative continue porte sur le réseau RCEPA d'Environnement Canada et les réseaux provinciaux de surveillance des dépôts humides. Les collecteurs de RCEPA ont été placés à côté des collecteurs provinciaux sur au moins un site par province. Les résultats de cette étude jusqu'en 1986 sont résumés dans Vet (1988) et illustrés à la figure 8.3.1. En règle générale, ils montrent que les concentrations moyennes de SO_4^{2-} dans les précipitations pondérées, mesurées par RCEPA et les provinces, sont comparables dans un intervalle de -12 % à +32 %. En fait, à l'exception d'un coefficient, toutes les concentrations annuelles mesurées par les provinces se situent dans un intervalle de ± 25 % et les deux tiers d'entre elles, dans un intervalle de ± 5 %. Il s'ensuit que la comparabilité des données sur les sulfates de RCEPA et des provinces est considérée comme très acceptable et cette étude a entraîné l'inclusion des données fédérales et provinciales dans la Base nationale de données sur la chimie atmosphérique (NatChem).

- Il existe aussi une étude comparative continue entre le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCEPA) et le National Atmospheric Deposition Program/National Trends Network des États-Unis (NADP/NTN). Cette étude a débuté en 1986 dans le but de quantifier les écarts dans les mesures des dépôts humides des deux pays. Encore en cours, elle a analysé jusqu'à maintenant un site dans chaque pays, soit Sutton (Québec) et l'Université de l'État de Pennsylvanie. On trouve dans Vet et al. (1989) une analyse préliminaire des données des deux premières années. Selon ces résultats, les données sur les concentrations provenant des deux réseaux concordent très bien (voir fig. 8.3.2). Toutefois, des différences statistiquement significatives (seuil de signification de 95 %) sont apparues dans les concentrations d'ammoniac, de nitrates et d'ions hydronium, dans la profondeur des prélèvements et dans la profondeur

normalisée des jauges (voir tableau 8.3.3). Pour tous ces paramètres, les valeurs de RCEPA étaient supérieures à celles de NADP/NTN.

Les écarts entre les deux réseaux sont généralement faibles. Ainsi, l'écart relatif (c'est-à-dire le coefficient de l'écart par rapport à la valeur moyenne de la concentration) est inférieur à 10 % pour les concentrations de nitrates et pour la hauteur du pluviomètre ordinaire; il est d'environ 15 % pour les concentrations d'ions hydronium et d'à peu près 25 % pour les concentrations d'ammoniac. En conclusion, l'étude considère que les données des deux réseaux sont comparables, mais qu'il convient de se montrer prudent en comparant les teneurs en ammoniac des deux réseaux.

Les laboratoires qui analysent les échantillons de dépôts humides et secs ont participé à des études comparatives. Ces études, qui portent le nom d'études comparatives interlaboratoires du PETGDPA ont été menées trois fois par années depuis 1983. Les résultats sont analysés à la section 8.5 (à noter que les dépôts humides et secs ne constituent qu'une fraction des comparaisons effectuées entre les laboratoires). Depuis 1988, le laboratoire ÉPAO d'Environnement Ontario et le laboratoire RCEPA d'Environnement Canada participent également à des comparaisons mensuelles inter-laboratoires qui regroupent plusieurs laboratoires canadiens et américains. Jusqu'à maintenant les résultats de cette étude indiquent un niveau de comparabilité très élevé entre les laboratoires participants (écarts généralement inférieurs à 5 % pour les sulfates et les nitrates).

En résumé, beaucoup d'efforts ont été consacrés jusqu'à maintenant à la comparabilité des mesures de dépôts humides entre les réseaux canadiens ainsi qu'entre ceux du Canada et des États-Unis. Les résultats des études montrent qu'il existe des différences entre les réseaux, mais qu'elles sont dues surtout à des différences dans les méthodes de mesure et dans les protocoles. Bien que les données soient généralement comparables dans un intervalle de ± 15 %, il existe des écarts allant jusqu'à 25 et 30 % entre certains réseaux et certains paramètres.

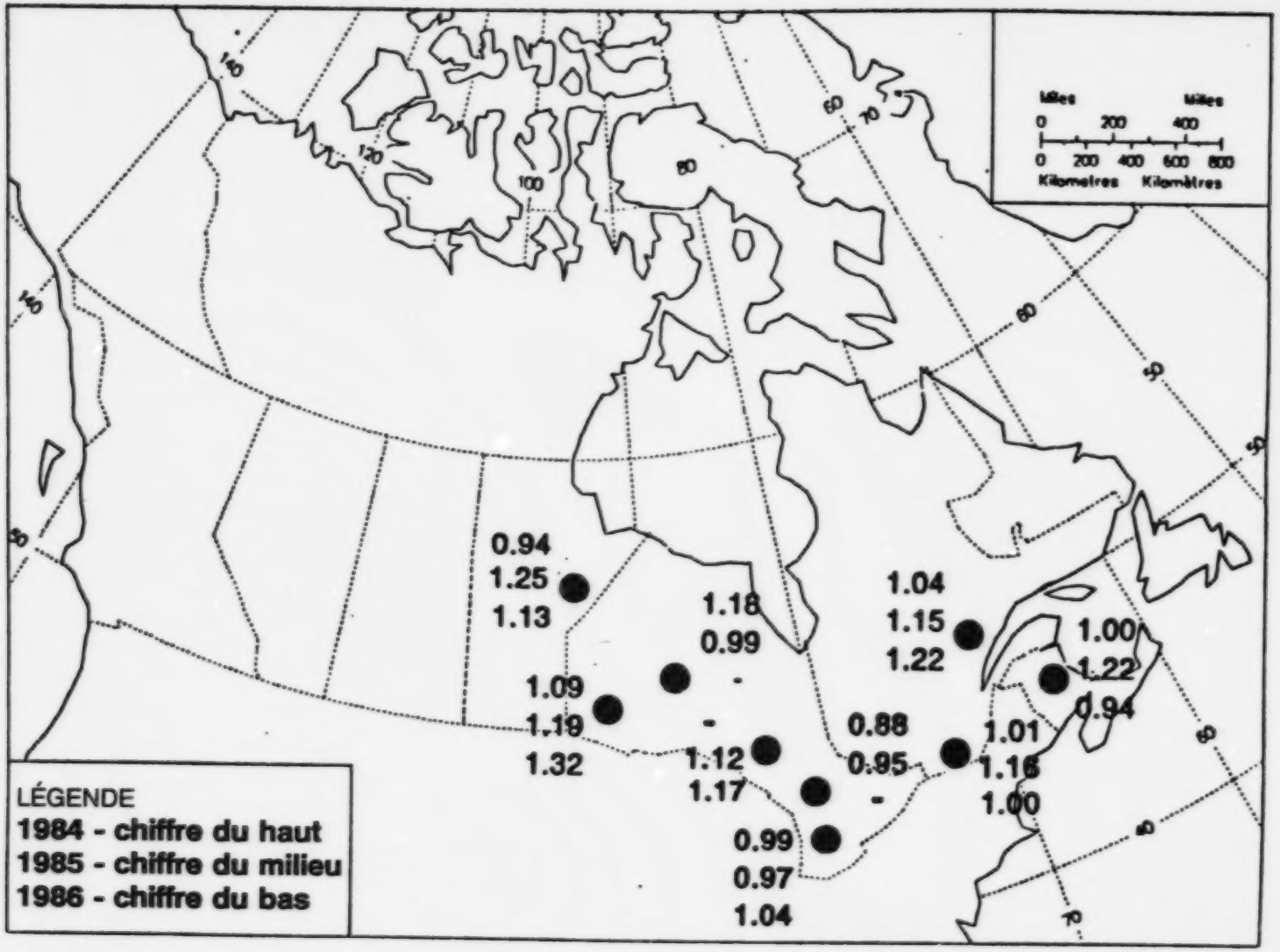

Fig. 8.3.1 Coefficients (RCEPA/provinces) des concentrations moyennes de sulfates dans les précipitations annuelles pondérées, mesurées aux mêmes sites par RCEPA et les provinces, pour les années 1984 (chiffre du haut), 1985 (chiffre du milieu) et 1986 (chiffre du bas).

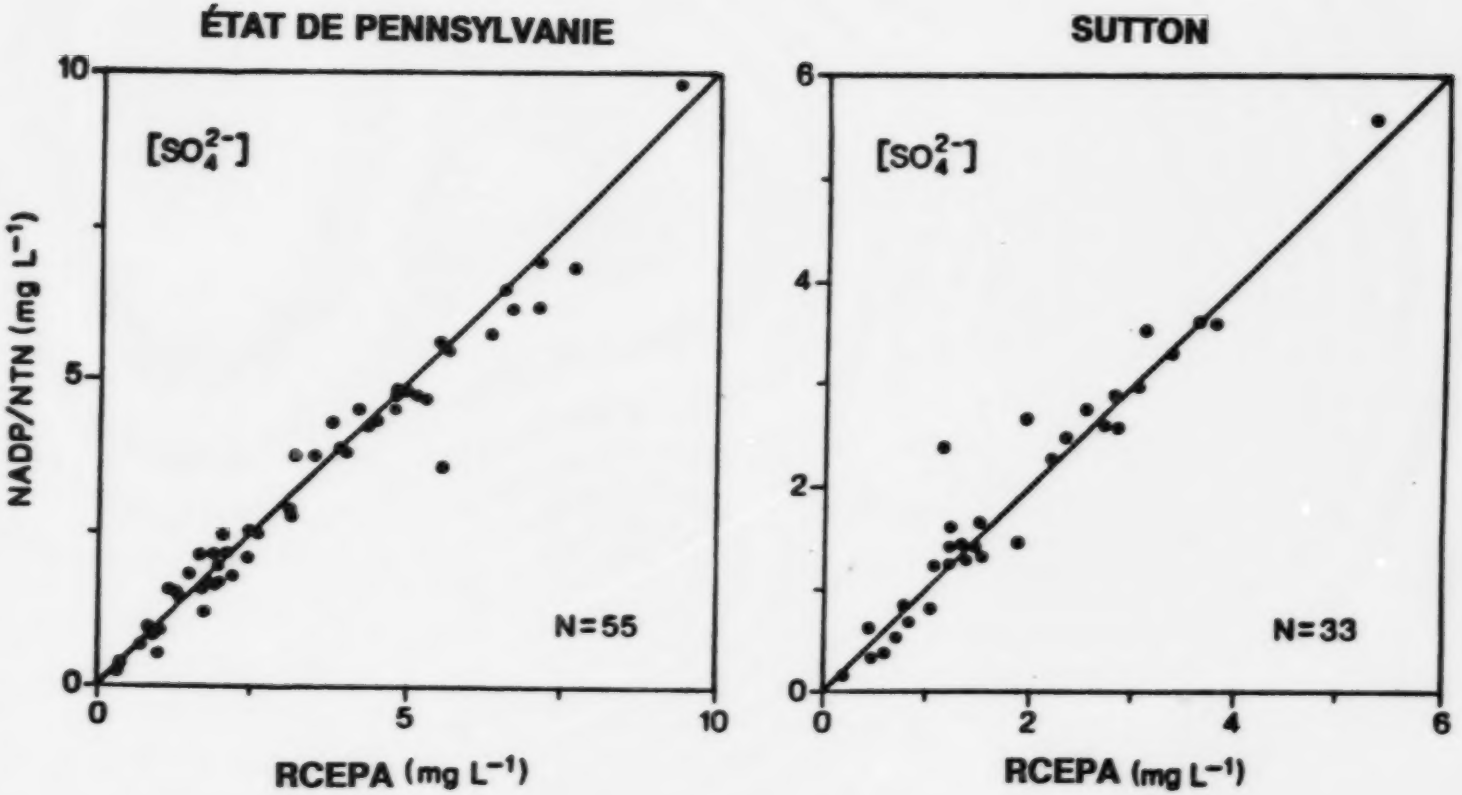

Fig. 8.3.2 Graphiques de dispersion des concentrations de sulfates mesurées par RCEPA et NADP/NTN. (Source : Vet et al., 1989)

TABLEAU 8.3.3
ESTIMATION DES ÉCARTS ENTRE LES MESURES CHIMIQUES DES PRÉCIPITATIONS DE RCEPA ET DE NADP/NTN
(SOURCE : VET Et al., 1989)

MESURE	ÉCART ENTRE LES RÉSEAUX	
	SUTTON (QUÉBEC)	UNIVERSITÉ DE PENN. Scotia (Penn.)
SO_4^{2-}	-0.04	0.02
$N\text{-}NO_3^-$	0.01	0.04[2]
Cl^-	-0.02	0.00
Ca^{++}	0.00	0.01
$N\text{-}NH_4^+$	0.05	0.05[2]
Mg^{++}	0.00	0.00
Na^+	-0.02	-0.02
K^+	0.00	0.01
H_30^+	0.007[2]	0.008[2]
pH	-0.08[2]	-0.06[2]
Hauteur du pluviomètre ordinaire	1.72[2]	1.0[2]
Hauteur de l'échantillon	2.6[2]	2.0[2]

LES UNITÉS SONT EN MG/L SAUF POUR LE pH, LA HAUTEUR DE L'ÉCHANTILLON ET LA HAUTEUR DU PLUVIOMÈTRE ORDINAIRE

[1]Médiane des écarts (RCEPA - NADP/NTN)
[2]Valeur significative à un seuil de confiance de 95 % calculé à l'aide du test des signes.

8.3.3.4 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À L'INTÉGRALITÉ

L'intégralité des données se définit comme la quantité de données valides obtenues par une méthode de mesure par rapport au nombre prévu (USEPA, 1980). En 1985, Le Comité d'uniformisation des données sur les dépôts du CCRS a défini cinq mesures de l'intégralité des données sur les dépôts humides (UDDBC, 1985). Il a aussi défini trois niveaux de qualité des données fondés sur l'intégralité des données. Selon le pourcentage de données disponibles, le niveau varie de qualité élevée (niveau 1) à qualité faible (niveau 3). Depuis, les responsables de la banque américaine de données ADS (Acid Deposition System) se sont mis à noter la qualité des données canadiennes et américaines sur les dépôts humides en se fondant sur les même niveaux d'intégralité. Des études scientifiques se sont aussi fondées sur les mêmes critères, par exemple l'International Sulphur Deposition Model Evaluation (Clark et al., 1987).

A partir de 1985, le Réseau canadien de surveillance de l'atmosphère et des précipitations (RCEPA) a commencé à ne publier que les estimations annuelles de dépôts humides qui répondaient à certains critères d'intégralité du Comité. En même temps, le réseau a adopté un système correctif qui optimise l'obtention de données dans toutes les stations de mesure des dépôts humides. Plusieurs réseaux provinciaux ont imité cet exemple.

8.3.3.5 PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ RELIÉS À LA REPRÉSENTATIVITÉ

La représentativité est le degré de justesse et de fidélité avec lequel une donnée représente une caractéristique d'une population à un point de prélèvement (USEPA, 1980). La caractéristique importante dans la surveillance de la composition chimique de l'atmosphère et des précipitations est la représentativité régionale des sites des mesures, notamment la capacité d'un site de donner des échantillons de l'atmosphère et des précipitations qui ne soient altérés que par des sources polluantes situées à grande distance.

En 1980, la représentativité des sites étant devenue une préoccupation majeure, le réseau ÉPAO a élaboré une série de critères objectifs pour le choix des sites de surveillance des dépôts humides (Vet, 1980). En 1982, McQuaker et al. (1982) ont publié une série de critères pour l'ensemble des sites des réseaux canadiens de surveillance des dépôts humides. Ces critères ont été largement acceptés et adoptés par la plupart des provinces.

Pour la plupart des réseaux qui ont commencé à fonctionner au début des années 80, on s'est servi de critères de sélection des sites similaires à ceux de McQuaker et al. (1982). Depuis, on a effectué dans beaucoup d'entre eux une vérification officielle des sites de mesure afin de déterminer surtout leur représentativité régionale. C'est ainsi qu'au début des années 80, le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations (RCEP) a subi plusieurs vérifications (Concord Scientific Corporation, 1981; Vet et al., 1982). En partie à cause des résultats de cette vérification, RCEP a été entièrement réaménagé en 1983 pour devenir le Réseau canadien de surveillance des précipitations et de l'air (RCEPA). Dans le cadre de ce réaménagement, on a fermé presque tous les sites du RCEP et on en a ouvert de nouveaux, représentatifs de leur région.

Au cours des années 80, le réseau ÉPAO a subi lui aussi plusieurs vérifications officielles (voir par exemple Concord Scientific Corporation, 1983) qui ont entraîné l'amélioration ou la relocalisation de nombreux sites. En 1984, le Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec a procédé à un examen interne de la représentativité de ses sites et il en est résulté une relocalisation ou une amélioration de nombreux sites (Grimard, 1984). Enfin, en 1989, le Manitoba Acid Precipitation Monitoring Network a subi une évaluation de ses anciens sites en prévision d'un réaménagement du réseau.

Les préoccupations au sujet de la représentativité des sites de mesure des dépôts humides ont influé sur la gestion et l'analyse des données canadiennes dans ce domaine. En 1985, le Comité d'uniformisation des données sur les dépôts du CCRS a formulé une série de critères de sélection des sites à partir desquel les sites des principaux réseaux d'Amérique du Nord ont été évalués (UDDBC, 1985). Les critères (tableau 8.3.4) ont servi à noter la représentativité de tous les sites de mesure en fonction de l'échelle suivante :

Niveau 1 - représentatif de la région
Niveau 2a - pourrait être représentatif de la région
Niveau 2b - pourrait ne pas être représentatif de la région
Niveau 3 - non représentatif de la région

Ces notations des sites sont incorporées dans la banque américaine ADS et dans la banque canadienne NatChem. Elles ont servi à sélectionner des données représentatives des régions pour l'établissement de statistiques ou de cartes sur les dépôts. C'est ainsi que les cartes de dépôts humides qui apparaissent dans la publication 1990 Acid Rain Assessment du CCRS se fondent sur les données de sites dont la représentativité a été vérifiée. Pour d'autres études scientifiques, comme le International Sulphur Deposition Model Evaluation (Clark et al., 1987), on s'est également servi de ces notations pour évaluer la représentativité des sites au moment de choisir les données.

En règle générale, la représentativité des sites a été et continue d'être une préoccupation majeure dans tous les réseaux canadiens de mesure de l'atmosphère et des précipitations. Dans la plupart des réseaux, il y a eu des vérifications et des inspections des sites qui ont été suivies, dans de nombreux cas, par une amélioration ou une relocalisation des sites. Depuis le milieu des années 80, les utilisateurs de données sur les dépôts humides se rendent compte de l'importance de la représentativité des sites et utilisent maintenant les renseignements disponibles sur ces sites au moment d'analyser les données.

8.3.4 SOMMAIRE

À partir de la fin des années 70 jusqu'à la fin des années 80, les chercheurs dans le domaine atmosphérique ont consacré des efforts considérables à l'assurance et au contrôle de la qualité. La plupart de leurs travaux visaient à quantifier la justesse, la fidélité, la comparabilité, l'intégralité et la représentativité des mesures atmosphériques, notamment celles des dépôts humides. Les résultats de leurs efforts démontrent que les mesures des dépôts humides des principaux agents acidogènes peuvent être très précises (écarts généralement inférieurs à environ 5 %) et avoir un bon degré de comparabilité (± 25 % entre les réseaux). Pendant toute la décennie, on a amélioré la représentativité des sites dans de nombreux réseaux canadiens, et l'intégralité des

données est devenue un important facteur d'évaluation de la qualité des mesures des dépôts humides.

TABLEAU 8.3.4
CRITÈRES DE SÉLECTION DE SITES REPRÉSENTATIFS D'UNE RÉGION
SOURCE : UDDBC (1985)

1.	Pas de source industrielle permanente, pas de ville ou de banlieue dans un rayon de 10 km.
2.	Pas de source ponctuelle importante ou de sources ponctuelles multiples dont les émissions soient supérieures à 10 000 tonnes de dioxyde de soufre ou d'oxyde nitrique par année dans un rayon de 50 km.
3.	Pas de dépôt à ciel ouvert de polluants (par exemple, des tas de sel de dégivrage) dans un rayon de 100 m.
4.	Pas de sources de transport, chaudières ou incinérateurs, dans un rayon de 100 m.
5.	Pas de cultures ou d'autres activités agricoles dans un rayon de 500 m.
6.	Pas d'immeubles, d'arbres, etc. qui empièteraient sur un cône placé à un angle de 45 degrés au-dessus du plan horizontal et centré sur le collecteur (un angle de 30 degrés est préférable).
7.	Pas de poussières dans la zone immédiate causées par l'absence de couverture végétale.

Bien que cette section ait été consacrée surtout à l'assurance de la qualité des mesures des dépôts humides, des méthodes détaillées d'assurance et de contrôle de la qualité ont également été adoptées dans d'autres programmes de mesure. Cela apparaît dans les publications où l'on constate que, dans presque tous les programmes canadiens de recherche atmosphérique, on a tenu compte de l'assurance de la qualité dans l'élaboration du programme et dans l'analyse des données.

8.3.5 RÉFÉRENCES

BARDSWICK W.S. (1984). Quality Assurance Plan - APIOS Deposition Monitoring Program. Environment Ontario Report ARB-76-84-ARSP, 880 Bay St., Toronto, Ont.

BARDSWICK W.S., CHAN W.H. and ORR D.B. (1986). A quality assurance program and quality assessment of Acidic Precipitation in Ontario Study (APIOS) deposition monitoring networks. Water, Air and Soil Pollution, 30, pp. 981-990, H.C. Martin, Ed.

BIGELOW D.S., STILL M.E. and BOWERSOX V.C. (1985). Quality assurance considerations for multiple-network data comparisons. Transactions of An APCA International Specialty Conference on Quality Assurance in Air Pollution Measurements, Boulder, Co., T.R. Johnson and S. J. Penkala, Eds.

CHAN W.H., TOMASSINI F. and LOESCHER B. (1983). An evaluation of sorption properties of precipitation constituents on polyethylene surfaces. Atmos. Env. 17:9, pp. 1779-1785.

CHAN W.H., LUSIS M.A., STEVENS R.D.S. and VET R.J. (1984). A precipitation sampler intercomparison. Water, Air and Soil Poll., 23, pp. 1-13.

CHAN W.H., TANG A.J.S., ORR D.B., BARDSWICK W.S. and LUSIS M.A. (1985). An evaluation of sampler types and sampling periods for measurements of wet and dry deposition. Report ARB-98-85-AQM, Environment Ontario, 880 Bay Street, Toronto, Ont.

CLARK T.L., DENNIS R.L., SEILKOP S.K., VOLDNER E.C., OLSON M.P. and ALVO M. (1987). International Sulphur Deposition Model Evaluation. AES Publication No. ARD-87-1, Atmospheric Environment Service, 4905 Dufferin St., Downsview, Ont.

CSC, CONCORD SCIENTIFIC CORPORATION (1981). An Assessment of the Canadian Network for Sampling Precipitation. Concord Scientific Corporation Report 55-80, 2 Tippett Rd., Downsview, Ont.

CSC (1983). A Performance and Systems Audit of the Acidic Precipitation in Ontario Study Monitoring Networks. Concord Scientific Corporation Report 110.J131, 2 Tippett Road, Downsview, Ontario.

CSC (1985). Quality Assurance Manual - Acidic Precipitation in Ontario Study (APIOS) Deposition Monitoring Networks. Environment Ontario Report ARB 051-85-AQM, 880 Bay St., Toronto, Ont.

EAG, The Environmental Applications Group (1987). Data Management Quality Assurance/Quality Control Procedures for the Chemistry of High Elevation Fog (CHEF) Program. EAG Publication 87-3, 6126 Yonge Street, Willowdale, Ont.

GRIMARD Y. (1984). Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec: Analyse et évaluation des sites d'échantillonnage. Service de la qualité des eaux, Ministère de l'Environnement du Québec, rapport PA-12, ENVIRODOQ 840418. Ste. Foy, Qué.

McQUAKER N.R., KLUCKNER P.D., TORNEBY J.E., SHEWCHUCK S.E., SORBA E.A., CHAN W.H., and [illegible] M.E. (1982). Standard methods for national wet-only precipitation sampling and chemical analysis. Final Report of the Task Force on Standard Methods for Sampling and Chemical Analysis. Federal/Provincial Long-range Transport of Atmospheric Pollutants (LRTAP) Reports on Quality Assurance.

McQUAKER N.R. (1986). Measurement of Acidity and Alkalinity. Federal/Provincial Research and Monitoring Coordinating Committee - Quality Assurance Subgroup Report. Published by the Long Range Transport of Air Pollutants Liaison Office, Environment Canada, 4905 Dufferin St., Downsview, Ont.

McQUAKER N.R. and SANDBERG D.K. (1988). Gran's titrations and ion balances: some analytical control limits for precipitation and surface waters. Environmental Science and Technology, 22:5, pp. 590-592.

MILLS J.S. (1986). Quality Management Plan. Federal/Provincial Research and Monitoring Coordinating Committee Quality Assurance Subgroup Report. Published by the LRTAP Liaison Office, Environment Canada, 4905 Dufferin Street, Downsview, Ont.

NBDMA&E, New Brunswick Department of Municipal Affairs and Environment (1989). The Coleson Cove and Expanded New Brunswick Precipitation Monitoring Network study Documentation, [Section E, Quality Assurance Plan; Section F, Quality Assurance Manual]. New Brunswick Department of Municipal Affairs and Environment Technical Report T89-1, P.O Box 6000, Fredericton, N.B.

SANDBERG D.K., McQUAKER N.R., VET R.J. and WIEBE H.A. (1986). Snowpack: Recommended Methods for Sampling and Site Selection. Report of the Canadian Federal/Provincial Research and Monitoring Coordinating Committee (RMCC) - Quality Assurance Subgroup, LRTAP Liaison Office, 4905 Dufferin St., Downsview, Ont.

UDDBC, Unified Deposition Data Base Committee (1985). A Unified Wet Deposition Data Base for Eastern North America: Data Screening, Calculation Procedures, and Results for Sulphates and Nitrates (1980). M. Lusis, Ed., Environment Ontario, 880 Bay Street, Toronto, Ontario.

USEPA, the United States Environmental Protection Agency (1980). Guidelines and Specifications for Preparing Quality Assurance Project Plans - Draft. United States Environmental Protection Agency Report QAMS-005/80, Research Triangle Park, NC.

VET R.J. (1980). APIOS Technician's Guide to Event Precipitation Site Inspection. Internal Report, Environment Ontario, Air Resources Branch, 880 Bay St., Toronto, Ont.

VET R.J., CHAN W.H. and LUSIS M.A. (1981). An intercomparison study of three precipitation sampling networks in Ontario - APOS, CANSAP and GLPN. Environment Ontario Report ARB-002-81-ARSP, Air Resources Branch, 880 Bay St., Toronto, Ontario.

VET R.J. and ONLOCK S.G. (1981). Detailed Analysis of the Pennsylvania State University Intercomparison of Precipitation Collectors Data. Concord Scientific Corporation Report 52-80, 2 Tippett Rd., Downsview, Ont.

VET R.J. and REID N.W. (1982). A Comprehensive Evaluation and Integration of Selected Wet Deposition Data from Canada and the United States of America. Concord Scientific Corporation Report 110-84, 2 Tippett Road, Downsview, Ont.

VET R.J. and ONLOCK S.G. (1983). The Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN) Quality Assurance Plan for Precipitation Monitoring Systems. Concord Scientific Corporation Report CSC 110.194-3-1, 2 Tippett Rd., Downsview, Ont.

VET R.J., STEVENS D.L.M., and BUTLER E.D. (1983). A Summary of the Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN) Siting and Installation Program. Concord Scientific Corporation Report CSC 110.194-1, 2 Tippett Road, Downsview, Ont.

VET R.J. and SIROIS A. (1987). The precision of precipitation chemistry measurements in the Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN). Paper 87-91.8, 80th Annual Meeting of the APCA, June 21-26, 1987.

VET R.J. (1988). The precision and comparability of precipitation chemistry measurements in the Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN). Proceedings of the EMEP Expert Meeting on Sampling, Chemical Analysis and Quality Assurance, EMEP-CC-Report 4/88, Norwegian Institute for Air Research, Lillestrom, Norway, pp. 177-192.

VET R.J., SIROIS A., LAMB D. and ARTZ R. (1989). Intercomparison of precipitation chemistry data obtained using CAPMoN and NADP/NTN protocols. NOAA Technical Memorandum ERL ARL-174, National Oceanic and Atmospheric Administration, Air Resources Laboratory, Silver Spring, Md.

8.4 APERÇU GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DU MILIEU TERRESTRE

8.4.1 INTRODUCTION

Dans la surveillance et la recherche destinées à évaluer les effets en milieu terrestre du transport à grande distance des polluants atmosphériques (TGDPA), l'assurance et le contrôle de la qualité (AQ/CQ) n'ont pas revêtu la même importance que dans les études de l'atmosphère et du milieu aquatique. Néanmoins, on a intégré dans la plupart des études des éléments AQ/CQ, notamment des programmes officiels d'assurance de la qualité, des manuels destinés au personnel sur le terrain, le prélèvement de plus d'un échantillon, le pairage des instruments de collecte, la formation du personnel sur le terrain, des études pilotes, des programmes de contrôle en laboratoire et des études comparatives interlaboratoires.

Les recherches les plus importantes sur le milieu terrestre tendent à intégrer des éléments AQ/CQ. Comme la plupart donneront lieu à des publications scientifiques qui seront analysées par des pairs, l'accent est mis surtout sur l'élaboration de méthodes répétables, sur l'évaluation des instruments, sur le prélèvement de plus d'un échantillon, sur l'évaluation des erreurs ainsi que sur la détermination de la justesse, de la fidélité et de la fiabilité des données.

Dans la préparation de quelques études de surveillance, notamment de celles qui ont été amorcées au cours des trois dernières années, on a tenu compte de tous les éléments AQ/CQ. Toutefois, il n'en a pas toujours été ainsi. Des éléments d'assurance de la qualité ont souvent été ajoutés après le début des études ou ont été intégrés de façon informelle. Bien qu'il existe d'importantes exceptions, une grande partie de la documentation reliée aux études de surveillance du milieu terrestre n'existe que sous forme de documents préliminaires.

Dans le PETGDPA, les programmes de contrôle de la qualité des analyses des échantillons terrestres dans les laboratoires sont un peu en retard par rapport au mêmes programmes associés aux analyses du milieu aquatique; cependant, beaucoup de laboratoires ont participé à des programmes de comparaisons interlaboratoires non reliés au PETGDPA pour des analyses de plantes et de sols.

TABLEAU 8.4.1

ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DU MILIEU TERRESTRE DU PETGDPA

Type et nom d'étude	Progamme AQ officiel	FOQ	Sources d'erreur	Études pilotes	Manuel AQ	Prélèvements répétés	Pairage[b] des inst. (ext.)	Pairage[c] des inst. (int.)	Éch. étalons inconnus	Comp.[d] interlab.
ÉTUDES BIOCHIMIQUES										
Bassins calibrés										
Rég. des lacs exp.	O	I	Av	-	D	Av	-	-	Av	Av
Acidification des tourbières	N	Av	I	D	Av	I	N	N	Av	Av
Lacs Turkey	O	Av	D	N	Av	N	-	-	D	D
Kejimkujik	N	D	D	Av	-	D	-	-	D	D
Autres										
Sapin baumier,FC-Québec	O	D	Av	Av	-	D	D	D	D	D
Érable à sucre,FC-Québec	O	D	Av	Av	-	D	D	D	D	D
Chimie des marécages,FC	O	Av	Av	Av	Av	Av	-	Av	Av	Av
Bassin urbain de Hfx	lab seul.	Av	Av	-	N	I	-	Av	Av	Av
Bassin Nashwaak	N	Av	D	Av	N	I	N	D	D	D
Effets sur les cimes, Environnement Ontario	N	I	D	N	D	D	I	D	D	D
Sols des forêts,Env.Ont.	N	I	I	I	D	D	N	I	N	Av
ÉVALUATION DES FORÊTS ET ÉTUDES DE LA DÉGRADATION DNARPA										
Prairies	N	N	I	-	D	N	-	N	D	D
Maritimes	N	Av	I	Av	Av	I	-	-	-	-
Colombie-Brittanique	N	Av	I	D	Av	N	Av	Av	I	I
NAMP	O	Av	Av/D	N/Av	Av	Av/D	Av/N	Av/D	-	-
ENVIRONNEMENT ONTARIO										
Inventaire des bois durs	N	I	I	N	Av	Av	N	N	-	-
Dendrochronologie	N	I	I	N	Av	Av	N	N	-	-
Dépérissiment des érables	N	Av	Av	Av	D	D	-	-	-	Av
Éléments nutritifs des bois durs	N	I	I	N	Av	Av	N	N	N	Av
Diagnostic précoce	N	I	I	N	N	Av	D	D	Av	-
Chimie du feuillage	N	I	D	N	D	D	-	-	-	Av
Défoliation par les insectes	N	I	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLEAU 8.4.1 (cont.)

Type et nom d'étude	Progamme AQ officiel	FOQ	Sources d'erreur	Études pilotes	Manuel AQ	Prélèvements répétés	Pairage[b] des inst.	Pairage[c] des inst.	Éch. étalons	Comp.[d] interlab.
FC-Maritime										
Effets sur la cuticle	N	Av	Av	-	-	-	-	-	-	-
Effets de la pollution'	N	Av/I	D/I	Av	Av/I	Av	Av	Av	Av	Av
Dépérissement des érables	N	N	N	Av	N	Av	N	N	-	-
Mesures de mitigation	O	Av	Av	Av	Av	Av	-	Av	Av	Av
Évaluation des bouleaux	O	Av	I	Av	Av	-	-	-	-	-
Autres										
Santé des forêts,Québec	O	Av	Av	-	Av	Av	-	Av	Av	Av
Qualité des produits[a] de l'érable,ARA (N.É.)	O	Av	D	Av	N	Av	Av	-	D	N
SOLS										
Sensibilité, Agr. C.	N	I	I	-	-	I	I	I	D	Av
Couche inf des sols, Env. Ont.	O	N	D	N	D	D	N	N	N	D
Variabilité des sols, Env. Ont.	N	N	-	N	D	-	N	-	N	-
MÉTAUX TRACES										
Nouveau-Brunswick(DMAE)	N	I	Av	N	Av	Av	-	N	Av	N
Lichens arctiques	N	I	I	-	-	Av	-	-	Av	-
AUTRES										
FC-Maritimes-pollution de l'air et reproduction des plantes	N	Av	D	D	-	Av	-	-	-	-

Légende

Av.	: Début avant étude actuelle
D	: Début durant étude actuelle
I	: De façon informelle
-	: Non disponsible ou sans objet
O	: Oui
N	: Non
FOQ	: Fixation d'objectifs de qualité

[a] Atlantic Research Associates Ltd., Nouvelle-Écosse
[b] Collocation externe
[c] Collocation interne
[d] Études comparatives des laboratoires

Note

Tous les renseignements ci-dessus se fondent sur les réponses des responsables des projets et reflètent leur propre perception des activités AQ intergrées à la recherche.

8.4.2 TYPES D'ÉTUDES DU MILIEU TERRESTRE ENTREPRISES

Il est difficile de résumer et d'évaluer l'utilité relative des approches adoptées par divers organismes en ce qui concerne l'AQ/CQ des études du TGDPA en milieu terrestre, en partie à cause de la grande diversité des études entreprises.

Les analyses biogéochimiques englobent des éléments terrestres dans les études des bassins calibrés de l'Ontario, du Québec et des Provinces atlantiques. Pour surveiller les effets du TGDPA sur l'état de santé des forêts, il existe notamment un réseau national de parcelles expérimentales visant à donner rapidement l'alerte en cas de dégradation des forêts (Dispositif national d'alerte rapide pour les précipitations acides, DNARPA); des études sur la dégradation des bois durs en Ontario, au Québec et dans les Provinces atlantiques; enfin, le North American Maple Project (NAMP), un projet conjoint d'évaluation de l'état de santé des bois durs dans plusieurs États américains du Nord-Est ainsi que dans les provinces de l'Est.

Agriculture Canada et Environnement Ontario ont effectué des études sur la sensibilité des sols aux pluies acides ainsi que sur les caractéristiques de la couche inférieure des sols. Forêts Canada , le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) et plusieurs organismes provincipaux ont évalué les dépôts de métaux en traces dans les plantes inférieures imputables à des sources émettrices éloignées.

8.4.3 HISTORIQUE DE L'ÉVOLUTION DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DU MILIEU TERRESTRE

Les toutes premières études du milieu terrestre du PETGDPA ont été des études phytotoxicologiques expérimentales. L'assurance de la qualité a été et continue d'être intégrée dans les objectifs et dans la documentation méthodologique des programmes de recherche à titre d'élément scientifique indispensable à la vérification des hypothèses, à la définition des sources d'erreur et de variation ainsi qu'à l'examen des pairs.

Dans les études de surveillance reliées aux premiers programmes sur les effets du TGDPA en milieu terrestre, on retrouvait généralement dans le plan des études une description des objectifs et une documentation méthodologique. Pour la plupart des projets, sinon pour tous, il existe des manuels ou des documents méthodologiques, souvent sous une forme préliminaire.

Certains laboratoires ont adopté leur propre programme interne de contrôle de la qualité des échantillons du milieu terrestre qui intégrait des essais des échantillons-étalons de l'Institut national des sciences et de la technologie (INST), des échantillons inconnus, des prélèvements et des essais répétés ainsi que des essais à blanc. A la fin des années 70 et de nouveau en 1987, un comité de spécialistes des relevés des sols a diffusé des séries de données-témoins sur les sols dans le but de fournir aux laboratoires participants

une base de référence. Certains laboratoires ont aussi participé régulièrement à des comparaisons interlaboratoires, comme les essais comparatifs de l'International Union of Forestry Research Organization (IUFRO).

Parmi les travaux de surveillance importants des éléments terrestres réalisés à la fin des années 70 et au début des années 80, mentionnons ceux qui entraient dans le cadre des études des bassins calibrés de Kejimkujik, des lacs Turkey, de Montmorency et de la région des lacs expérimentaux à Kenora. Il s'agissait surtout d'études biogéochimiques (cycle des éléments nutritifs) qui bénéficiaient des programmes d'assurance de la qualité déjà adoptés dans les études de l'atmosphère et du milieu aquatique. Pour les recherches sur le milieu terrestres effectuées dans le cadre des études des bassins de la région des lacs expérimentaux et des lacs Turkey, des programmes d'assurance de la qualité ont été spécialement élaborés.

Il s'est fait peu de comparaisons officielles entre les données des études de bassin, bien que la même approche ait souvent été adoptée.

En 1985, on a créé le réseau DNARPA en le dotant d'objectifs et de protocoles clairs. Même si le réseau était conçu sur une base régionale, ses éléments devaient néanmoins être directement comparables sous l'angle du choix des sites et des méthodes d'échantillonnage. Dès le départ, une étude pilote informelle a permis de définir la méthodologie. La plupart des méthodes avaient l'avantage d'avoir déjà été testées sur le terrain dans le cadre des travaux reliés au Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA). Pendant toute l'étude, des manuels préliminaires ont été diffusés et le manuel définitif a été publié en 1988 (Magasi, 1988a). Les sites étaient souvent les mêmes que ceux d'organismes provinciaux.

Les études sur le dépérissement des érables et l'état de santé des forêts entreprises par les ministères québécois de l'Environnement ainsi que de l'Énergie et des Ressources intégraient dans leur conception des programmes d'assurance de la qualité, des manuels méthodologiques pour le personnel sur le terrain ainsi que des recommandations au sujet des sources d'erreurs sur le terrain ou en laboratoire (Laflamme, 1989). Les études sur le dépérissement des érables et des bois durs d'Environnement Ontario ne comportaient pas de programmes officiels d'assurance de la qualité. Toutefois, pendant la réalisation de ces études, on a accordé de plus en plus d'attention à la rédaction de manuels pour les travaux sur le terrain (Griffin, 1983; Neary, 1986), à la réalisation d'études pilotes et à la définition des sources d'erreur et de variation dans les méthodes utilisées sur le terrain. L'Ontario et le Québec ont tous deux des programmes AQ/CQ internes et participent à des études interlaboratoires.

En 1987, le Sous-comité de l'assurance de la qualité du CCRS a commencé à promouvoir la nécessité d'améliorer les programmes d'assurance de la qualité dans les études de surveillance du milieu terrestre. Il a entrepris la rédaction de manuels de méthodes normalisées pour les analyses d'un groupe de paramètres utilisés par tous (en

préparation) ainsi que pour tout ce qui touchait les sites et l'échantillonnage (Site Assessment and Sampling Methodology, Groupe spécial, 1989). Il a aussi mis sur pied un programme d'études comparatives interlaboratoires pour les laboratoires qui participent aux analyses des échantillons terrestres des études de surveillance (Sous-groupe de l'assurance de la qualité du CCRS, 1989). Depuis cinq ans, beaucoup de laboratoires qui participent à ces études ont adopté des programmes AQ/CQ internes.

En 1986, Forêts Canada, en collaboration avec le ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick et plusieurs autres organismes, a amorcé un projet d'étude destiné à déterminer le rôle des polluants atmosphériques dans la détérioration des bouleaux du Sud-Ouest du Nouveau-Brunswick. Ce projet englobe une étude pilote, des comparaisons interorganismes des mesures et des prélèvements sur le terrain, des prélèvements répétés, l'utilisation des protocoles du programme CBA (Chimie du brouillard en altitude, Service de l'environnement atmosphérique) pour la collecte et l'analyse du brouillard ainsi que le pairage des systèmes de surveillance, notamment de surveillance biologique.

En 1987, on a élaboré le North American Maple Decline Project (NAMP) en y intégrant un programme d'assurance de la qualité. Dans tous les volets du projet, on a porté une attention particulière à la formulation des objectifs, aux essais et à la documentation méthodologique, à la rédaction d'un manuel méthodologique détaillé et à la formation afin que les résultats des groupes soient comparables (Millers, 1988).

8.4.4 ÉLÉMENTS DES PROGRAMMES D'ASSURANCE ET DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

On trouvera au tableau 8.41 la liste des éléments AQ/CQ qui ont été intégrés dans des études et dans des programmes précis au cours de la dernière décennie. Ces éléments sont décrits ci-dessous.

Des programmes AQ officiels figurent dans le projet NAMP (Millers, 1988), dans certains volets des études des bassins calibrés, dans l'étude de la couche inférieure des sols d'Environnement Ontario (Neary, 1986; Griffin, 1983), dans les études biogéochimiques effectuées au Québec par Forêts Canada (Robitaille, 1989) et dans quelques autres programmes de recherche. La plupart des laboratoires ont adopté un programme d'assurance de la qualité ou sont en voie de le faire. Dans certaines études, les sources d'erreur et de variation ont été repérées en prélevant plus d'un échantillon et en en faisant analyser deux en laboratoire. On a eu recours à des études pilotes pour planifier le projet sur la détérioration des bouleaux de la région de Fundy, les programmes NAMP et DNARPA ainsi que les études sur le dépérissement des érables de l'Ontario, du Québec, de la Nouvelle-Écosse et des Provinces atlantiques.

Pour un projet donné, le pairage des instruments d'échantillonnage est absolument indispensable à l'évaluation de la précision de la collecte des données. Pour l'étude du bassin des lacs Turkey, on a eu recours au prélèvement en double et au pairage des instruments. Les études dans le cadre du projet NAMP n'intègrent pas de telles méthodes, mais les États et les provinces dont les territoires se touchent procèdent à des évaluations des parcelles expérimentales de leurs voisins.

Souvent, différents organismes se partagent une même parcelle expérimentale, ce qui leur permet de comparer directement leurs résultats. Citons à titre d'exemple l'étude sur la détérioration des bouleaux de la région de Fundy pour laquelle un certain nombre de chercheurs procèdent à l'échantillonnage et à l'évaluation symptomalogique des arbres, mais accordent une grande place aux comparaisons méthodologiques. Citons comme autres exemples d'études menées sur des parcelles déjà utilisées pour d'autres études, les études du dépérissement de l'érable au Québec, de DNARPA, de NAMP, des bassins calibrés, comme celles des lacs Turkey, et le projet de diagnostic précoce d'Environnement Ontario.

Dans le cadre du projet DNARPA, des manuels destinés au personnel sur le terrain ont été rédigés sous forme d'une série de documents préléminaires (Jones, 1987; Magasi, 1988b). Il existe des manuels semblables pour l'échantillonnage des végétaux effectué par Environnement Ontario (Neary, 1986) et Environnement Nouveau-Brunswick (Spavold, 1982), pour les études québécoises sur l'état de santé des forêts (Laflamme, 1989), pour les études de la couche inférieure et de la variabilité des sols d'Environnement Ontario (Griffin, 1983; Neary, 1986), pour les études biogéochimiques ontariennes sur la dégradation des bois durs (Griffin, 1983; Neary, 1986) ainsi que pour les études des lacs Turkey (Morrison, 1989) et du projet NAMP (Millers, 1988). Dans les études du milieu terrestre qui englobent des mesures atmosphériques, on a adapté à l'occasion des manuels rédigés pour d'autres programmes; par exemple, des manuels sur la chimie du brouillard servent à l'étude des bouleaux de la région de Fundy (Cox et al., 1989)

Aucune vérification sur le terrain n'a été effectuée dans le cadre des études mentionnées précédemment. La plupart des laboratoires participent maintenant à des études comparatives interlaboratoires.

8.4.5 RÉSULTATS DES PROGRAMMES D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

8.4.5.1 PROGRAMMES RELIÉS À L'ÉVALUATION DE LA JUSTESSE

Il est très difficile de déterminer la justesse de l'échantillonnage sur le terrain à cause de l'absence de normes appropriées auxquelles les mesures effectuées sur le terrain pourraient être comparées. Il y a eu néanmoins quelques tentatives d'évaluation des mesures sur le terrain. Le projet DNARPA est né d'un programme d'évaluations régulières de l'état de santé des forêts dans le cadre duquel la détérioration anticipée était

régulièrement comparée aux résultats réels afin de corriger au besoin les méthodes de mesure.

Pour certaines études, on a tenté de déterminer la justesse de paramètres mesurés sur le terrain en utilisant plus d'une méthode de mesure. Ainsi, dans l'étude des bouleaux de la région de Fundy (Cox et al., 1989), on a comparé les méthodes active et passive de collecte des brouillards; on a aussi comparé l'étalonnage des instruments de surveillance biologique à l'aide de deux moniteurs d'ozone ainsi que les mesures du pourcentage de feuillage malade au moyen d'une méthode subjective et d'une méthode quasi-objective.

La plupart des laboratoires effectuent des essais sur des échantillons-étalons normalisés parce que cela fait partie de leur programme interne AQ/CQ ou, quoique moins souvent, parce que ces échantillons leur sont présentées comme des échantillons inconnus prélevés sur le terrain. Dans la plupart des programmes, on utilise des échantillons-étalons normalisés. Quelques laboratoires se servent de leurs propres échantillons-étalons qu'ils préparent à l'aide d'un grand nombre de données historiques afin de déterminer la variabilité de ces échantillons.

Le Comité de spécialistes du relevé des sols a publié des échelles provenant d'essais interlaboratoires sur huit échantillons-étalons pour un grand nombre de paramètres, comme le pH (deux méthodes), le carbone total, le carbone organique, l'azote, la répartition de la taille des particules, le fer isolable, l'aluminium isolable, les cations échangeables, la capacité d'échange cationique, le phosphore isolable, la conductivité électrique, le carbonate de calcium équivalent, la perte par calcination, la retention d'eau, et aussi treize éléments mineurs, soit le cadmium, le plomb, le zinc, le nickel, le cuivre, le fer, le manganèse, le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, l'aluminium et le chrome (Sheldrick et Wang, 1987).

8.4.5.2 PROGRAMMES RELIÉS À L'ÉVALUATION DE LA FIDÉLITÉ

Dans la plupart des études, on effectue des prélèvements répétés à intervalles aléatoires et on calcule l'écart-type des paramètres analysés. A cause du manque de ressources ou faute d'un nombre d'échantillons adéquats, l'échantillonnage en double ne se fait souvent qu'à l'occasion, bien que dans les études des bassins calibrés, on ait parfois recours à un échantillonnage en triple et plus souvent à un échantillonnage en double. Pour les études des lichens, on a invariablement recours au prélèvement de plus d'un échantillon et à l'analyse d'échantillons fractionnés (Spavold, 1982). Pour l'évaluation des symptômes de dégradation du feuillage, on effectue habituellement des prélèvements de plus d'un échantillon.

L'échantillonnage répété sert aussi à mesurer la fidélité des mesures effectuées sur le terrain. Forêts Canada refait une deuxième fois ses évaluations individuelles des arbres. Dans l'étude de la dégradation des bois durs, les évaluations d'Environnement Ontario représentent la valeur concordante de deux évaluations. Pour l'étude dendro-

chronologique de l'Ontario, on effectue deux prélèvements transversaux dans chaque arbre.

Dans l'étude chimique du feuillage des arbres, Forêts Canada et Environnement Ontario effectuent tous deux un échantillonnage répété afin d'évaluer les variations d'un saison à l'autre et l'état des cimes (Griffin, 1983, Neary, 1986; Morrison, 1972, 1974 et 1985).

Pour le projet d'étude de la détérioration des bouleaux de la région de Fundy, on utilise des protocoles du programme CBA pour l'échantillonnage et l'analyse chimique du brouillard, notamment le pairage des collecteurs de brouillard (Cox et al., 1989). Pour l'évaluation de la dégradation du feuillage et des cimes ainsi que pour d'autres mesures, les chercheurs se servent aussi de mesures répétées.

Dans le cadre d'une étude d'acidification simulée de petits bassins boisés des terres hautes dans la région des lacs expérimentaux, qui portait sur le cycle hydrogéochimique des ions principaux , on a remis à Environnement Ontario des échantillons choisis au hasard afin d'obtenir des analyses comparatives (Schindler, 1989).

8.4.5.3 PROGRAMMES RELIÉS À L'ÉVALUATION DE LA COMPARABILITÉ

Une des principales sources d'erreur dans les mesures sur le terrain du milieu terrestre est dûe aux variations des observations et des mesures effectuées par différents techniciens. Pour l'étude DNARPA, on compare les données d'un technicien avec celles d'un autre et on a aussi organisé des études de comparabilité des résultats entre provinces et États voisins. Les chercheurs de NAMP ont également entrepris des études comparatives afin d'évaluer les variations des mesures prises par un seul technicien et aussi par plusieurs ainsi que les variations entre les organismes chercheurs.

L'évaluation de l'état de santé et de la vigueur de la cime des arbres est particulièrement sujette à des erreurs de la part de l'observateur. Environnement Ontario a effectué sur le terrain énormément d'essais de la reproductibilité de son indice numérique de dégradation en comparant les données d'un seul observateur et aussi celles de plusieurs observateurs (McLaughlin et al., 1988).

Le Comité de spécialistes du relevé des sols (Sheldrick et Wang, 1987) a diffusé les résultats d'études comparatives interlaboratoires qui regroupaient jusqu'à 25 laboratoires et portaient sur l'analyse de huit sols de référence et d'un grand nombre de paramètres. On a signalé les résultats extrêmes et statistiquement rejetés à l'aide d'un indicateur et on a avisé les laboratoires de vérifier leurs méthodes d'analyse. A l'aide de la méthode décrite au tableau 8.4.2, on a aussi calculé le pourcentage de précision de chaque variable analytique pour tous les laboratoires. Les valeurs que les laboratoires jugeaient sous leur seuil de détection ont été omises des calculs statistiques. Pour ces calculs, on s'est servi de la valeur médiane, plutôt que de la moyenne, parce qu'elle est plus forte et présente un point de brisure plus élevé (Rousseeuw et LeRoy, 1987). On a inclus dans

l'analyse toute valeur potentiellement aberrante parce que la médiane n'est pas sensible à de telles valeurs et qu'on a jugé que leur inclusion permettait de mieux évaluer la qualité globale des analyses.

TABLEAU 8.4.2
PRÉCISION RELATIVE DES MESURES CHIMIQUES DES SOLS[a]

MESURE	MOYENNE DES % DE PRECISION[b]	MÉDIANE GLOBALE
pH en H_2O	6.3	6.6
pH en $CaCl_2$	4.0	6.1
% de carbone total	56.7	2.4
% de carbone organique	74.6	1.0
% d'azote	28.1	0.1
% de fer isolable		
dithionate citrique	12.0	0.7
oxalate acide ammoniac	43.3	0.2
pyrophosphate de sodium	41.3	0.1
% d'aluminum isolable		
dithionate citrique	31.0	0.1
oxalate acide ammoniac	32.0	0.2
pyrophosphate de sodium	44.5	0.1
Cations échangeables (meq/100 g)		
calcium	31.5	4.1
magnésium	116.6	2.4
potassium	38.5	0.2
sodium	49.8	0.1
Phosphore broyé dét. (µg/mL)	56.6	9.0
% de sable	74.7	53.2
% de glaise	48.6	12.8
Capacité d'échange cationique (meq/100 g)	98.2	21.6

[a]Les données ont été recueillies à la suite d'analyses comparatives effectuées par le Centre de recherches sur les terres, Ottawa (Sheldrick et Wang, 1987)

[b]Moyenne du % de précision =

$$\text{moyenne de } 100 \times \frac{s_m \text{ d'un échantillon donné}}{\text{médiane des laboratoires pour un échantillon donné}}$$

où $s_m = \frac{(\text{valeur - médiane des laboratoires pour un échantillon donné})^2}{\text{nombre d'observations sur lequel se fonde la médiane - 1}}$

TABLEAU 8.4.3

PRÉCISION RELATIVE DES MESURES CHIMIQUES DU FEUILLAGE[a]

	MOYENNE DES % DE PRÉCISION[B] (MÉDIANE GLOBALE)		
MESURE	ÉTUDE 1	ÉTUDE 2	ÉTUDE 3
Aluminium (µg/g)	150.4 (85.0)	55.0 (64.1)	40.9 (74.1)
Bore (µg/g)	39.4 (23.4)	50.2 (19.8)	166.3 (17.5)
Cadmium (µg/g)	--	36.7 (0.2)	75.3 (0.5)
Calcium (mg/g)	19.7 (5.6)	14.9 (5.8)	42.3 (6.1)
Cuivre (µg/g)	170.4 (7.0)	54.6 (8.5)	30.9 (6.8)
Fer (µg/g)	67.9 (50.0)	36.1 (55.0)	48.4 (51.0)
Plomb (µg/g)	129.4 (4.7)	209.5 (2.1)	200.0 (2.7)
Magnésium (mg/g)	69.1 (0.8)	41.1 (1.0)	38.2 (0.9)
Manganèse (µg/g)	21.9 (536.5)	14.9 (496.0)	39.9 (490.0)
Mercure (µg/g)	--	148.6 (0.03)	67.1 (0.02)
Molybdène (µg/g)	--	--	306.3 (1.0)
Nickel (µg/g)	165.6 (1.5)	127.4 (1.6)	282.2 (2.5)
Azote (mg/g)	20.6 (9.0)	17.8 (11.8)	36.9 (11.8)
Phosphore (mg/g)	73.8 (0.7)	13.7 (1.1)	19.3 (1.1)
Potassium (mg/g)	17.8 (2.7)	10.8 (4.2)	28.7 (4.7)
Sodium (µg/g)	359.0 (42.9)	294.0 (11.3)	147.0 (43.3)
Soufre (mg/g)	129.2 (0.8)	36.7 (0.9)	47.3 (0.9)
Zinc (µg/g)	147.8 (43.7)	24.0 (33.9)	48.5 (64.0)

[a]Les données proviennent de trois études comparative effectuées par le Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance. Ce sont les études LT01, LT02 et LT03.

[b]Les calculs sont identiques à ceux qui sont décrits au tableau 8.4.2.

La variabilité entre les laboratoires, telle qu'elle est exprimée par le pourcentage de précision, est élevée pour la majorité des paramètres des sols (tableau 8.4.2). Pour certains éléments, le pourcentage de précision relative est artificiellement élevé parce que les concentrations se situent près des seuils de détection, ce qui entraîne des écarts-types relativement élevés pour des teneurs faibles. Les variations sont néanmoins anormalement élevées pour certains paramètres, étant donné que leurs concentrations sont relativement fortes (par exemple, les pourcentages pour le sable, la glaise, la capacité d'échange cationique). On ignore si cette variabilité est imputable à l'absence d'un contrôle adéquat de la qualité dans les laboratoires ou simplement à la différence des méthodes utilisées.

Le sous-groupe de l'assurance de la qualité a publié (Sous-groupe du CCRS, 1989) les résultats d'études comparatives interlaboratoires récentes sur les végétaux. Jusqu'à 18 laboratoires ont participé à des vérifications d'analyses d'échantillons comprenant des feuilles séchées, de la couverture végétale, de la litière de feuilles et d'autres substances. Les analyses visaient à détecter une série d'éléments, notamment l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, le fer, le manganèse, le bore, le zinc, le cuivre, le molybdène, le chlore, le sodium le plomb, le cadmium et le mercure.

On a calculé également le pourcentage de précision relative pour chaque paramètre mesuré dans les analyses comparatives du feuillage (tableau 8.4.3). La variabilité est élevée même si, dans ce cas également, certaines estimations de la précision sont surélevées par suite de la faible teneur de certains éléments. Dans l'ensemble, il y a moins de variations dans l'étude 2 que dans l'étude 1, puisque les estimations du pourcentage de précision sont plus faibles pour 13 paramètres par rapport à 15 dans l'étude 1. Toutefois, dans l'étude 3, le pourcentage de précision relative a augmenté pour 11 paramètres sur 17, tandis que 6 paramètres seulement affichent une amélioration. Ces études laissent voir la nécessité d'effectuer d'autres comparaisons interlaboratoires afin de s'assurer de l'amélioration constante de la qualité des données. En outre, il est recommandé de surveiller la justesse des mesures des laboratoires.

8.4.5.4 PROGAMMES RELIÉS À L'ÉVALUATION DE L'INTÉGRALITÉ

Dans les études sur le milieu terrestre, il est rare que l'on procède à l'évaluation de l'intégralité des données. De telles évaluations ont été faites pour les mesures associées à l'étude du bassin calibré de la région des lacs expérimentaux ainsi qu'aux études de Forêts Canada au Québec (Robitaille, 1989).

Dans le projet d'étude des bouleaux de la région de Fundy (Cox et al., 1989), on compare le nombre de collectes de brouillard aux événements de brouillard enregistrés par d'autres organismes afin d'évaluer l'intégralité des données.

8.4.5.5 PROGRAMMES RELIÉS À L'ÉVALUATION DE LA REPRÉSENTATIVITÉ

Les programmes DNARPA et NAMP sont tous deux dotés de critères de sélection des sites, mais des critères plus précis sont parfois définis par les différentes administrations participantes. Pour le projet d'étude des bouleaux de la région de Fundy, on s'est fondé sur une étude pilote d'un an afin d'évaluer les parcelles expérimentales du point de vue de la représentativité des espèces d'arbres ainsi que de la situation et de la comparabilité des sites pour l'évaluation des polluants. Pour la plupart des études sur les lichens et sur les tourbières, il existe de la documentation sur les critères de sélection des sites (Spavold, 1982).

8.4.6 SOMMAIRE

On a commencé à intégrer des programmes d'assurance de la qualité dans les études du TGDPA en milieu terrestre, mais il faudra encore énormément de travail avant que toutes les études soient dotées d'un programme complet.

Les chercheurs en milieu terrestre qui utilisent des données sur l'eau devraient s'inspirer des méthodes AQ/CQ perfectionnées que l'on retrouve dans les études de surveillance des précipitations ou du milieu aquatique.

D'autres travaux sont nécessaires afin de déterminer des façons d'évaluer la justesse de mesures sur le terrain, comme la mesure des arbres, de l'état des cimes et d'autres caractéristiques physiques. Il faudrait aussi répéter un certain pourcentage des mesures et des analyses.

Les laboratoires doivent continuer de mettre au point leur propre programme AQ/CQ, de participer à des études comparatives inter-laboratoires et d'utiliser largement des substances-étalons. Les comparaisons interlaboratoires sont essentielles à l'évaluation de la comparabilité des données.

Des manuels complets à l'intention du personnel sur le terrain favoriseront l'adoption de méthodes appropriées pour l'échantillonnage et la manutention des échantillons et assureront la continuité entre différents observateurs ou aides lorsque l'étude couvre plus d'une saison. Il faut rédiger ces manuels avant le début de l'échantillonnage et, lorsque cela est possible, effectuer une étude pilote (une étude pilote bien planifiée n'a pas besoin d'être longue) afin de voir si les méthodes recommandées sont pratiques et d'en établir une version finale qui sera utilisée sur le terrain. Toute modification d'une méthode doit figurer dans la documentation et faire l'objet de comparaisons. Pour améliorer la représentativité des données, il importe de rédiger des critères de sélection des sites avant le début d'une étude. Une fois choisis, les sites doivent être décrits et évalués afin que toute dérogation par rapports aux critères fixés figure dans la documentation. Tout changement de site au cours d'une étude doit être consigné dans la documentation.

Beaucoup de mesures des études du milieu terrestre font appel au jugement de l'observateur. Pour améliorer leur fiabilité, il importe de mettre au point de nouvelles méthodes appropriées, comme le recours à de multiples observateurs ayant reçu une formation spéciale.

8.4.7 RÉFÉRENCES

COX, R.M., MAGASI, L.P., AND SPAVOLD-TIMS, J. 1989. Deterioration of Coastal White Birches in Relation to their Chemical and Physical Climate. In: L.J. Brasser and W.C. Mulder (Eds), Man and his Ecosystem, Proceedings of the 8th World Clean Air Congress, The Hague, 11-15 September, 1989.

GRIFFIN, H.D. 1983. Procedures Manual Terrestrial Effects Acidic Precipitation in Ontario Study (APIOS). APIOS Report No. 007/83. 57 pp.

JONES, D.C. 1987. Manitoba ARNEWS Site Establishment and Sampling Methods. Manitoba Terrestrial Standards Studies Report. 12 pp.

MAGASI, L. P. 1988a. Acid Rain National Early Warning System. Manual on plot establishment and monitoring. Information Report DPC-X-25. Canadian Forestry Service. Ottawa.

MAGASI, L.P. 1988b. Acid Rain National Early Warning System. Manual on Plot Establishment and Monitoring, Forest Insect and Disease Survey, Canadian Forestry Service, Inf. Rep. (in press). (CFS-HQ), CFS-M).

MCLAUGHLIN, D.L., GIZYN, W.I. CORRIGAN, D.E., MCILVEEN, W.D. AND PEARSON, R.G. 1988. A Numerical Decline Index Rating System to Monitor Changes in Tree Condition of Forest Hardwood Species. Proceedings of the Technology Transfer Conference, Toronto, Ontario, November 28 - 29, 1988.

MILLERS, IMANTS. 1988. North American Sugar Maple Decline Project Cooperative Work Plan. Canadian Forestry Service and U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

MORRISON, I.K. 1972. Variation with crown position and leaf age in content of seven elements in leaves of Pinus banksiana Lamb. Can. J. For. Res. 2: 89-94.

MORRISON, I.K. 1974. Within-tree variation in mineral content of leaves of young balsam fir. Forest Science 20: 276-278

MORRISON, I.K. 1985. Effect of crown position on foliar concentrations of 11 elements in Acer saccharum and Betula alleghaniensis trees on a till soil. Can. J. For. Res. 15: 179-182.

MORRISON, I.K. Sample collection Protocol, Unpublished Notes.

NEARY A. (ed). 1986. Procedures Manual Terrestrial Effects APIOS. Report ARB-93-86-PHYTO. Environment Ontario.

QUALITY ASSURANCE SUB-GROUP OF THE RMCC 1989. Terrestrial Laboratory Intercomparison Work Group Report. Presented at the July 27, 1989 meeting of the QA-Sub-Group, St. John's, Newfoundland.

ROBITAILLE, G., (1989). Laurentian Forestry Centre, Sainte-Foy, Québec. (Pers. Comm.)

ROUSSEEUW, P.J., AND LEROY A.M., 1987. Robust regression and Outlier Detection. John Wiley and Sons, Inc. USA., p.329.

SHELDRICK, B.H. AND WANG, C. 1987. Compilation of Data for ECSS (Expert Committee on Soil Survey) Reference Soil Samples. Land Resource Research Centre, Ottawa.

SITE ASSESSMENT AND SAMPLING METHODOLOGY AD HOC WORK GROUP 1989. Recommended Methodology for Site Selection and Assessment and Sampling in Terrestrial Monitoring Studies. Draft prepared for the RMCC QA Sub-Group.

SPAVOLD, A.J. 1982. Guidelines for the Collection and Preparation of Vegetation Samples. Environment New Brunswick.

WANG, C., SCHUPPLI, P.A., AND ROSS, G.J. 1987. A Comparison of Hydroxylamine and Ammonium Oxalate Solutions as Extractants for Al, Fe and Si from Spodosols and Spodosol-like Soils in Canada. Geoderma 40:345-355.

WANG, C. AND SCHUPPLI, P.A. 1986. Determining Ammonium Oxalate-Extractable Si in Soils. Notes. Can. J. Soil Sci. 66: 751-755.

WESTERN CANADA LRTAP SOILS AND GEOLOGY COORDINATING COMMITTEE. 1986. Soil Acidification Monitoring Workshop. May 12, 1986. Calgary.

8.5 APERÇU GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ DANS LES ÉTUDES DES LABORATOIRES

8.5.1 INTRODUCTION

Le programme externe d'assurance de la qualité qui est coordonné par le Sous-groupe de l'assurance de la qualité du Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance a été mis sur pied en 1982 (Samant, 1982) dans le but de surveiller la qualité des données provenant des laboratoires qui participent au PETGDPA.

Des études comparatives interlaboratoires ont constitué le premier élément de ce programme externe AQ (Hunter, 1980; Aspila et al., 1983; King, 1985). Trois études ont été menées chaque année. Elles portaient sur l'analyse des ions principaux, des éléments nutritifs et des paramètres physiques. Le tableau 8.5.1 en donne la liste.

En 1982, le programme externe AQ regroupait environ quarante participants. En 1985, plusieurs laboratoires américains ont été invités à y participer et l'étude a réuni plus de cent laboratoires. On trouvera la liste des participants au tableau 8.5.2 de l'annexe 8.5.

En 1987, le programme a été élargi pour englober une étude annuelle sur l'analyse des végétaux et une autre sur l'analyse des sols. Identiques aux études sur le milieu aquatique, ces études comportaient environ dix échantillons et ont réuni 30 laboratoires. C'est le Great Lakes Forestry Center de Sault-Sainte-Marie qui a organisé les études sur les végétaux. La seule étude sur l'analyse des sols a été organisée et évaluée par le Centre de recherches sur les terres d'Agriculture Canada. Jusqu'à maintenant, il y a eu trois études des végétaux et une des sols. La troisième étude des végétaux est actuellement en cours. Le présent rapport d'évaluation ne considère que trois études sur les analyses du milieu aquatique.

8.5.2 LE PROGRAMME EXTERNE D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

Avant de concevoir, d'organiser et de réaliser une étude interlaboratoire, il est nécessaire de considérer un certain nombre de facteurs. Ceux qui mettent sur pied une étude environnementale à grande ou à petite échelle ont la responsabilité de veiller à ce que les données produites soient crédibles et retraçables. Un des éléments du plan de gestion (King, 1985) de telles études est le programme externe d'assurance de la qualité et les études interlaboratoires connexes (Aspila et al., 1989).

Une étude interlaboratoire consiste habituellement à fournir une série d'échantillons identiques à divers laboratoires qui analysent leurs composés spécifiques. Les résultats de ces analyses sont examinés (Aspila et al., 1989) et font l'objet d'un rapport.

TABLEAU 8.5.1
ÉTUDES INTERLABORATOIRES DU PETGDPA TERMINÉES
(MILIEU AQUATIQUE)

N° de l'étude	Date	SUJET
L1	déc. 82	Ions princ., él. nutritifs, par. physiques
L2	déc. 82	Métaux traces
L3	avril 83	Ions princ., él. nutritifs, par. physiques
L4	août 83	Ions princ., él. nutritifs, par. physiques
L5	déc. 83	"
L6	avril 84	"
L7	août 84	Métaux traces
L8	déc. 84	Ions princ., él. nutritifs, par. physiques
L9	avril 85	"
L10	août 85	"
L11	déc. 85	"
L12	avril 86	"
L13	août 86	Aluminium total et éch. spéciaux
L14	déc. 86	Ions princ., él. nutritifs, par. physiques
L15	avril 87	"
L16	août 87	"
L17	déc. 87	"
L18	avril 88	"
L19	août 88	"
L20	déc. 88	"
L21	avril 89	"
L22	août 89	"
L23	déc. 89	"

Il est nécessaire de concevoir soigneusement l'étude de façon à ce qu'elle réponde aux exigences ou aux objectifs du programme de gestion de la qualité. Une étude interlaboratoire bien conçue et réussie peut fournir en retour des informations précieuses aux analystes, aux chefs de laboratoire et aux utilisateurs des données. Ainsi, ces études révèlent les points suivants : a) précision et erreur globales d'un laboratoire ou des laboratoires comparés les uns aux autres; b) pourcentage de récupération d'une substance; c) performance irrégulière; d) méthodes de mesure incontrôlées; e) erreur significative de la base de calcul des méthodes de mesure; f) correction des blancs-témoins; g) échec d'une méthode; h) fautes opérationnelles; i) comparaisons AQ interlaboratoires inadéquates; j) normes internes inadéquates; k) méthodes de mesures suffisamment adéquates (ou inadéquates) dans deux laboratoires ou plus pour conclure que ces laboratoires produiront des données compatibles qui pourront être utiles à

plusieurs organismes; enfin, l) évaluation par une troisième partie neutre de la performance globale d'un laboratoire. On trouvera à la figure 8.5 différents niveaux de performance (de faible à excellente) relevés au cours d'une étude interlaboratoire. Ces exemples illustrent le genre de situations que les programmes externes AQ doivent analyser, évaluer et signaler.

Une analyse et une évaluation des études comparatives externes ont souvent révélé que les méthodes internes de contrôle de la qualité adoptées par un laboratoire ne permettaient pas à celui-ci de définir et de contrôler la qualité. Les études externes ont aussi clairement démontré la comparabilité de différents laboratoires et de leur base de données; elles ont permis de repérer les laboratoires qui utilisaient de l'eau impure pour l'étalonnage de leurs instruments (ASTM, 1983) et aussi de détecter des erreurs dans les normes d'étalonnage; elles ont fourni aux responsables des projets de précieuses informations sur les laboratoires avec lesquels ils signaient des contrats (Chau et al., 1987).

8.5.3 RÉSULTATS DU PROGRAMME EXTERNE AQ DEPUIS DIX ANS

8.5.3.1 ÉVALUATION DES DONNÉES

Dans les analyses interlaboratoires du PETGDPA, les méthodes d'évaluation des données ont été empruntées aux International Great Lakes QA Programs. Les responsables de ces programmes ont adopté la méthode de Youden (Youden 1969) que J. Clark (Aspila et al., 1983; Clark, 1981) a modifiée et informatisée. Un manuel récent sur l'assurance de la qualité (Aspila et al., 1989) explique ces méthodes. Deux approches simples, mais nettement différentes, sont utilisées. La première est une méthode non paramétrique qui évalue l'écart (l'erreur systématique) dans toute une série de données (une matrice de paramètres provenant de 60 laboratoires et de dix échantillons). L'autre méthode consiste à signaler au moyen d'un indicateur un résultat qui s'écarte de façon significative de la valeur médiane des laboratoires participants.

La justesse des mesures des laboratoires n'est pas calculée directement, mais déduite de la méthode non paramétrique des rangs de Youden (Youden, 1969). Les résultats fournis sont ordonnés en rang, le plus bas obtenant le rang 1, le suivant le rang 2 et ainsi de suite. On calcule la probabilité d'obtenir un rang donné; si le rang moyen le plus élevé et le rang moyen le plus bas ont peu de possibilités d'êtres obtenus (moins de 5 % de possibilités), les résultats des laboratoires qui les obtiennent sont jugés erronés (erreur systématique ou relative). Il existe une probabilité sur 20 qu'un résultat soit jugé erroné alors qu'il ne l'est pas. Ce concept voulant que l'erreur soit une inexactitude absolue est jugé valide puisqu'un très grand nombre de laboratoires qui ont toujours une bonne performance se servent pour l'étalonnage des même substances de référence normalisées.

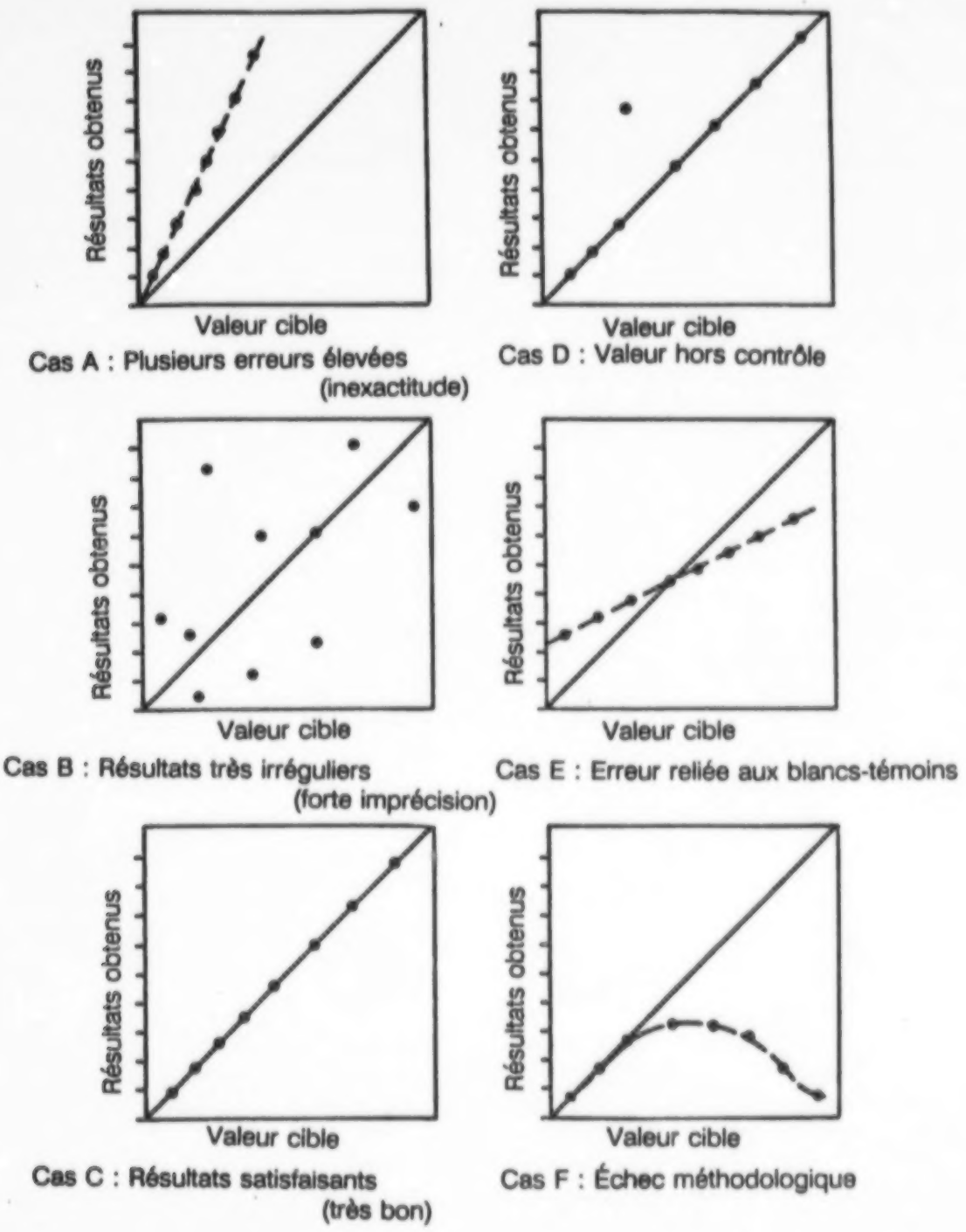

Figure 8.5.1 Exemples types de la performance des laboratoires tirés des études externes AQ

Dans le programme externe AQ, la fidélité des mesures d'un laboratoire n'est pas évaluée directement. Cependant, on repère vite un laboratoire dont la fidélité est faible par rapport aux autres laboratoires à partir du pourcentage de ses résultats qui sont signalés par un indicateur. Un indicateur est apposé lorsque le résultat fourni diffère de façon significative de la valeur cible (médiane de tous les laboratoires). L'absence d'indicateur sur tous les résultats d'un laboratoire signifie que ses mesures sont très justes et très fidèles. La présence d'un grand nombre d'indicateurs, notamment dans une étude continue des paramètres de base, signifie une fidélité très faible ou une distorsion grave.

Dans le cadre de chaque étude, la performance d'un laboratoire est jugée satisfaisante lorsque les résultats ne comportent ni indicateur ni erreur. À l'aide d'une méthode informatisée (Aspila et al., 1989), on a fait un suivi de la performance des laboratoires au cours de nombreuses études en utilisant comme indice de performance la somme des pourcentages d'indicateurs et d'erreurs. La figure 8.5.2 illustre un tel suivi pour un laboratoire donné.

8.5.3.2 RÉPERCUSSIONS DU PROGRAMME EXTERNE AQ

Le programme externe AQ a comporté trois (3) études comparatives inter-laboratoires par année pendant près de huit ans. La fréquence régulière des études a donné l'occasion aux analystes et aux chefs des laboratoires de réagir aux évaluations reçues. Ces évaluations indiquaient que leurs méthodes de mesure étaient très satisfaisantes, incontrôlées, irrégulières ou comportaient simplement une erreur systématique et incitaient chaque laboratoire s'améliorer. L'effet global a été positif comme le montre l'exemple du laboratoire illustré à la figure 8.5.2.

D'une étude à l'autre, l'analyse de la notation médiane de tous les laboratoires révèle que les études ont des répercussions positives avec le temps. Les résultats individuels qui apparaissent à la figure 8.5.3 représentent les notations médianes obtenues pour divers paramètres. Il importe de noter la baisse régulière et constante du pourcentage d'indicateurs d'une étude à l'autre. Cette baisse reflète une amélioration constante de la fidélité au cours des années.

L'analyse de la fréquence des erreurs ne donne pas des résultats aussi nets. Dans l'étude L1, plus de 30 % des paramètres comportaient une erreur. Dans les études L3 et L4, ce pourcentage avait baissé à environ 12 % et il est demeuré constant de l'étude L5 à l'étude L21, fluctuant de 11 % à 20 %. Deux processus contraires expliquent ces résultats. De 1984 à 1988, les laboratoires ont amélioré leur compétence et la justesse de leurs mesures en utilisant des substances de référence normalisées. D'un autre côté, ils ont aussi amélioré leur fidélité et la matrice des données paramétriques (60 X 10) permet à la méthode d'évaluation non paramétrique de détecter plus facilement les erreurs systématiques. Les écarts (erreurs systématiques) sont maintenant plus fréquents, mais leur ordre de grandeur est beaucoup moins élevé. Cette fluctuation de la fréquence des erreurs illustre la relation entre la justesse et la fidélité ainsi que la

compétitivité de cent laboratoires qui visent à atteindre l'excellence dans les études inter-laboratoires.

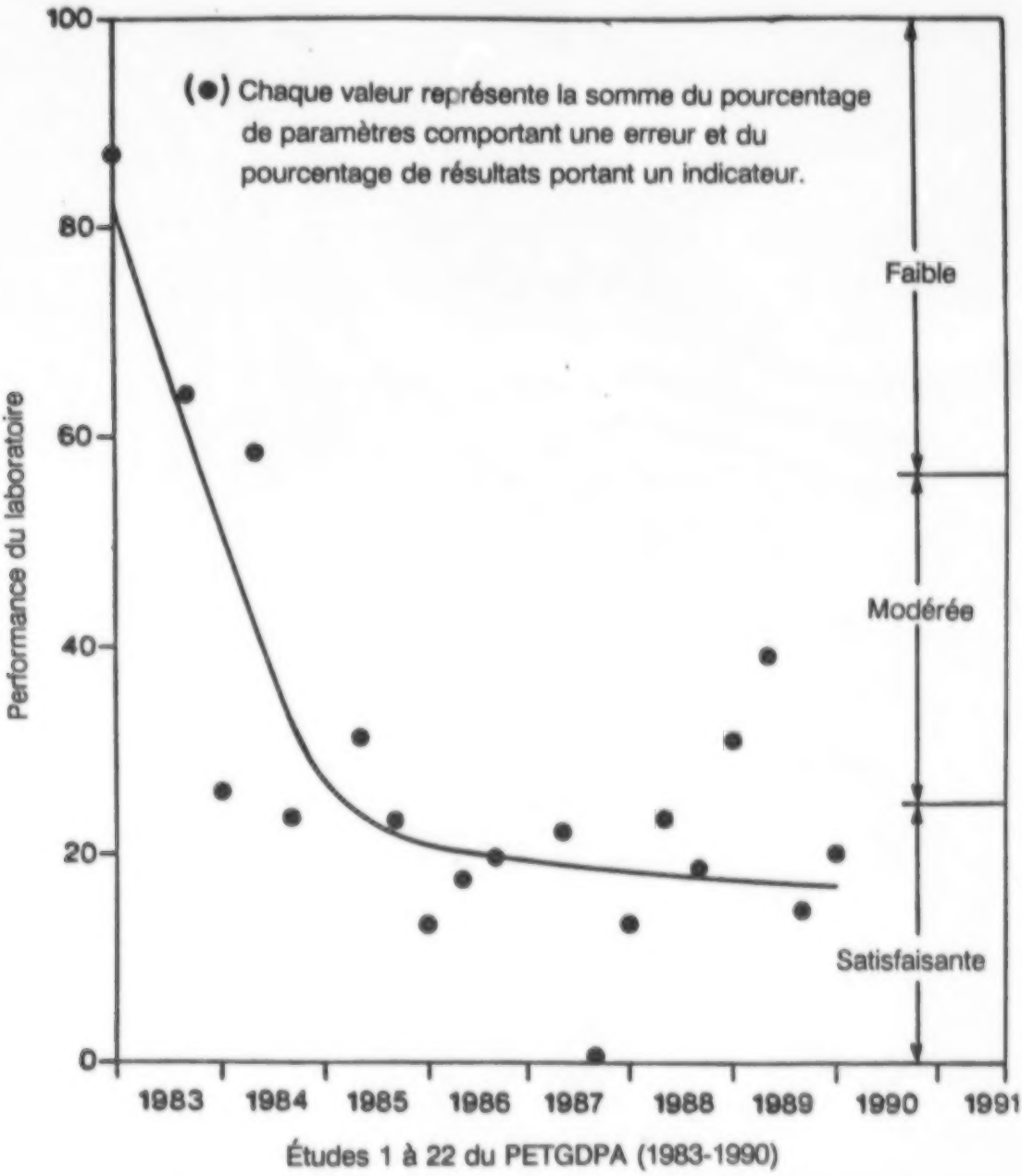

Figure 8.5.2 Répercussions du programme externe AQ sur la performance d'un laboratoire

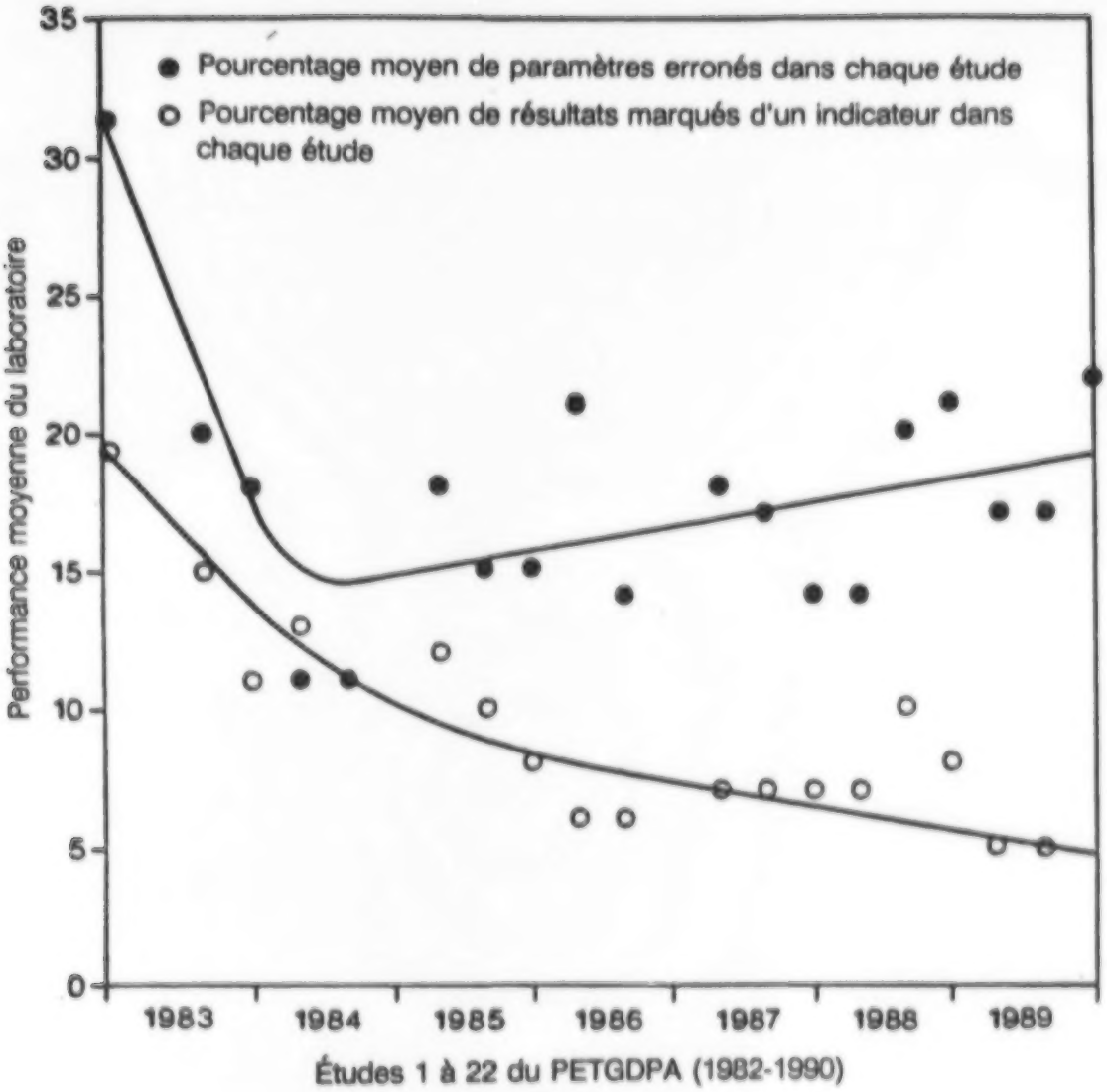

Figure 8.5.3 Répercussions du programme externe AQ sur la fréquence des erreurs et des indicateurs

8.5.4 SOMMAIRE

Le programme externe AQ qui a été offert aux participants au PETGDPA par le Sous-groupe de l'assurance de la qualité du CCRS visait surtout à améliorer les méthodes de mesure des laboratoires. Sous cet angle, il a été un succès et ses répercussions ont été positives. La présentation d'une étude tous les quatre mois pendant huit ans a créé un climat qui incitait les analystes à améliorer leurs méthodes et les rendait davantage conscients de tous les aspects de l'assurance de la qualité.

Les résultats de chaque étude prouvent à quel point beaucoup de laboratoires se sont nettement améliorés. La comparabilité des données américaines et canadiennes est jugée excellente.

En 1982, lorsque le programme a débuté, on a adopté un système de gestion d'une banque de données afin d'emmagasiner toutes les données AQ pertinentes. Cette banque contient aujourd'hui près d'un demi-million de résultats de laboratoires et elle est considérée une ressource précieuse. Des logiciels reliés à cette banque ont servi aux fins suivantes : a) mise au point de méthodes spécifiques d'évaluation de la performance des laboratoires; b) démonstration de la stabilité à long terme des échantillons d'eau naturelle, et c) illustration de la performance constante de chaque laboratoire pour un paramètre précis ou pour un groupe de paramètres. Récemment, la banque de données a servi à démontrer comment la précision varie en fonction de la concentration. On peut maintenant fixer des normes de performance précises pour les futures études.

En dépit de l'efficacité du programme externe AQ, il reste d'autres domaines qui doivent être améliorés. Citons a) la surveillance des variations entre les sites et entre les échantillons, b) la détermination de l'erreur systématique des mesures de laboratoire sur une base absolue, et c) des études plus fréquentes des échantillons de milieu terrestre.

8.5.5 RÉFÉRENCES

ASPILA, K.I. et al., 1989. "A Manual for Effective Interlaboratory Quality Assurance", NWRI Contribution, 88-89, National Water Research Institute, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario, L7R 4A6.

ASPILA, K.I., WHITE, R.E. and CLARK, J.L. 1983. Quality Assurance Aspects of the International Joint Commission Great Lakes Monitoring Program. In ASTM Special Technical Publication 867 (1985), a Symposium on "Quality Assurance of Environmental Measurements", Aug. 8-12, 1983, Boulder, Colorado (published by ASTM 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103).

ASTM-D19, D4210-83. "Intralaboratory Quality Control Procedures and a Discussion Reporting Low-Level Data. A Standard Practice." ASTM, 1916, Race St., Philadelphia, PA 19103.

CLARK, J.L.1981. "Evaluation of Performance of Laboratories Determining Water Quality Constituents Through Natural Water Samples Whose True Values are Unknown". In Summary of Conference Presentations, Environmetrics 81, p. 54-55, 1981, Alexandria, Virginia, April 8-10, 1981.

CHAU, A.S.Y., LEE, H.B. and LAWRENCE, J. 1987. "Quality Assurance Guidelines for the Selection and Monitoring of Contract Laboratories for Chemical Analysis of Environment Samples". NWRI Contribution, 87-66, National Water Research Institute, Burlington, Ontario.

HUNTER, J.S. 1980. National System of Scientific Measurement. Science, 210, 869-874.

KING, D. 1985. Credibility, The Consequence of Quality Assurance. Laboratory Services Branch, Environment Ontario, Rexdale, Ontario, M9W 5L1.

KING, D. 1983. "Quality Management Plans". Laboratory Services Branch, Environment Ontario, Rexdale, Ontario, M9W 5L1.

SAMANT, H. 1982. Federal-Provincial LRTAP Reports on Quality Assurance: II - A Proposal to Provide Effective Quality Assurance for Laboratory Measurements in the LRTAP, H. Samant, Environmental Protection Service, 45 Alderney Drive, Dartmouth, Nova Scotia.

TAYLOR, J.K. 1975. Quality Assurance of Chemical Measurements. Lewis Publishers Inc., Chelsea, Michigan, USA.

YOUDEN, W.J. 1969. Ranking Laboratories by Round-Robin Tests. p. 165-9 to p. 169-13, In "Precision Measurement and Calibration", Harry H. Ku, Editor, NBS Special Publication 300, Vol. 1, U.S. Government Printing Office, Washington, DC,1969.

ANNEXE 8.5

LISTE DES PARTICIPANTS AU PROGRAMME D'ÉTUDES INTERLABORATOIRES DU TGDPA (PROGRAMME AQUEUX)

LABORATOIRES DU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL

Environnement Canada

Institut national de la recherche sur les eaux, Direction de la recherche sur les cours d'eau, Burlington, Ontario
Institut national de la recherche sur les eaux, Division du soutien à la recherche, Burlington, Ontario
Institut national de recherche en hydrologie, Saskatoon, Saskatchewan
Laboratoire national de la qualité des eaux, Burlington, Ontario
Direction de la qualité des eaux, Région de l'Atlantique, Moncton, Nouveau-Brunswick
Direction de la qualité des eaux, Région du Québec, Longueuil, Québec
Direction de la qualité des eaux, Région de l'Ouest et du Nord, Saskatoon, Saskatchewan
Direction de la qualité des eaux, Région du Pacifique et du Yukon, Vancouver, Colombie-Britannique
Service de l'environnement atmosphérique, Downsview, Ontario
Laboratoire du service de la conservation et de la protection, St. John's, Terre-Neuve
Laboratoire du service de la conservation et de la protection, Dartmouth, Nouvelle-Écosse
Laboratoire du service de la conservation et de la protection, West Vancouver, Colombie-Britannique

Forêts Canada

Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario
Région du Québec, Sainte-Foy, Québec
Région des Maritimes, Fredericton, Nouveau-Brunswick
Région de Terre-Neuve et du Labrador, St. John's, Terre-Neuve

Pêches et Océans Canada

Institut des eaux douces, Winnipeg, Manitoba
Station de biologique, St. Andrews, Nouveau-Brunswick
Institut des sciences de la mer, Sidney, Colombie-Britannique
International Pacific Fisheries Commission, Cultus Lake, Colombie-Britannique
Ministère des Pêches et des Océans, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, Québec

Énergie, Mines et Ressources Canada

Commission Géologique du Canada, Ottawa, Ontario

LABORATOIRES DES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX

Alberta Environment, Air Analysis Section, Vegreville, Alberta
Alberta Environment, Water Analysis Section, Vegreville, Alberta
B.C. Ministry of Environment, Vancouver, Colombie-Britannique (two contract laboratories)
Environment Ontario, Rexdale, Ontario (four laboratories)
Environment Ontario, Thunder Bay, Ontario

Environment Ontario, Dorset, Ontario
Environment New Brunswick, Fredericton, Nouveau-Brunswick
Ministère de l'Environnement, Sainte-Foy, Québec
Ministère de l'Energie et des Ressources, Sainte-Foy, Québec
Saskatchewan Research Council, Saskatoon, Saskatchewan
Manitoba Environment, W.M. Ward Technical Services Laboratory, Winnipeg, Manitoba
Nova Scotia Department of Health, Victoria General Hospital, Department of Environmental Chemistry, Halifax, Nouvelle-Écosse

LABORATOIRES DE L'INDUSTRIE

Atomic Energy of Canada Ltd., Pinawa, Manitoba
Association Industrielle Laval, Pointe-aux-Tremble, Québec
Atomic Energy of Canada Ltd., Chalk River Nuclear Laboratories, Chalk River, Ontario
Barringer Magenta, Rexdale, Ontario
Beak Consultants Ltd., Mississauga, Ontario
Chemex Laboratories (Alberta) Ltd., Calgary, Alberta
Concord Scientific Ltd., Downsview, Ontario
Éco-Recherches (Canada) Inc., Pointe Claire, Québec
Enviroclean, Division of Maclaren Plansearch Inc., London, Ontario
K-F Laboratories Ltd., Fredericton, Nouveau-Brunswick
Laboratoires d'environnement S.M. Inc., Sherbrooke, Québec
Noranda Mines Ltée., Noranda, Québec
OceanChem Ltd., Dartmouth, Nouvelle-Écosse
Ontario Hydro, Etobicoke, Ontario
Roche Envirolab, Sainte-Foy, Québec
Water Analysis Laboratories, Mount Pearl, Terre-Neuve
The Environmental Application Group Ltd., Markham, Ontario
Le Groupe Environnemental, St. Laurent, Québec
Lab Elite Ltée., Montréal, Québec
Accutest Laboratories Ltd., Nepean, Ontario
Zenon Environmental Inc., Vancouver, Colombie-Britannique
B.C. Research Corporation, Vancouver, Colombie-Britannique

LABORATOIRES UNIVERSITAIRES

Concordia University, Science and Industrial Research Unit, Montréal, Québec
Dalhousie University, Trace Analysis Research Centre, Halifax, Nouvelle-Écosse
Université Laval, Département de géologie, Sainte-Foy, Québec
McMaster University, Dept. of Geology, Hamilton, Ontario
McMaster University, Centre for Neutron Activation Analysis, Hamilton, Ontario
McGill University, Dept. of Geography, Montréal, Québec
McGill University, MacDonald College, Dept. of Renewable Resources, Ste. Anne de Bellevue, Québec
Memorial University of Newfoundland, Dept. of Chemistry, St. John's, Terre-Neuve
Université du Québec, Institut National de la Recherche Scientifique, Complexe Scientifique, Sainte-Foy, Québec
Université du Québec à Montréal, Département des sciences de la terre, Montréal, Québec
Université de Montréal, Ecole Polytechnique, Montréal, Québec

University of Windsor, Great Lakes Institute, Windsor, Ontario

LABORATOIRES AMÉRICAINS

Hunter-ESE, Gainesville, Floride
US Environmental Protection Agency, Central Region Laboratory, Chicago, Illinois, (c/o Bionetics Corporation)
US Environmental Protection Agency, EMSL, Las Vegas (Lockheed-EMSCO)
US Geological Survey, National Water Quality Laboratory, Doraville, Georgia
US Geological Survey, National Water Quality Laboratory, Arvada, Colorado
US Department of Agriculture, Northeastern Forest, Experiment Station, Timber and Watershed Laboratory, Parsons, West Virginia
Combustion Engineering Inc., Environmental Monitoring and Service Inc., Camarillo, Californie
Illinois State Water Survey, Champaign, Illinois
Battelle, Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington
Lockheed Engineering and Sciences Company, Las Vegas, Nevada
University of Maine, Land and Water Resources Center, Orono, Maine (liaison with Cornell University, Ithaca, New York)
University of Syracuse, Dept. of Civil Engineering, Syracuse, New York
University of Illinois, Dept. of Nuclear Engineering, Urbana, Illinois
University of Minnesota, Dept. of Civil and Mineral Engineering, Minneapolis, Minnesota
Adirondack Lake Survey Corporation, Raybrook, New York
Pennsylvania State University, Environmental Resources Research Institute, Water Chemistry Laboratory, University Park, Pennsylvania
University of Virginia, Department of Environmental Sciences, Charlottesville, Virginia
U.S. Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station, Fort Collins, Colorado
Harvard School of Public Health, Dept. of Environmental Studies, Boston, Massachusetts
U.S. Geological Survey, Denver Federal Centre, Lakewood, Colorado
State Lab of Hygiene, Madison, Wisconsin
City of New York, Dept. of Environmental Conservation, Grahamsville, New York
U.S. Geological Survey, Albany, New York
Vermont Dept. of Environmental Conservation, Montpelier, Vermont

BERMUDES

Biological Research Station, St. Georges, Bermudes